பௌதிகம்—துணைப்பாடம்

(பகுதி I—முதற் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகின்றது)

பெ. தங்கராசன், எம்.ஏ.



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த.பா.நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—192

பௌதிகம்—துணைப்பாடம்

(பகுதி I—முதற் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகின்றது)

ஆசிரியர்

பெ. தங்கராசன், எம்.ஏ.,

முதல்வர்,

விருதுநகர் இந்து நாடார் செந்திற்குமார நாடார் கல்லூரி,

விருதுநகர்.



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—July, 1969
Revised Edition—February, 1972
Second Revised Edition—June, 1976

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 192

PHYSICS - ANCILLARY—Part I For B.Sc. (Book I)

P. THANGARAJAN

Price Rs. 1-65

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed out of the Paper allotted by the Government of India.

Printed by
Giri Art Printers,
7-B, 4th Street., Sowrashtra Nagar,
Madras-600094,

பதிப்புரை

பௌதிகம்—துணைப்பாடம் (பகுதி I—முதற் புத்தகம்) என்ற இந் நூல், தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் சார்பில் வெளியான 192ஆவது வெளியீடாகும். இதன் முந்தைய பதிப்புப் படிகள் அனைத்தும் விற்பனையாகிவிட்டன. ஆதலின், இப்பொழுது இந் நூல் மீண்டும் வெளிவருகின்றது. இந் நூல், மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்'தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

மேலாண்மை இயக்குநர்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

I. பொது
(General)

1. அலகுகளும் அளவுகளும் (Units and Measurements) ... *3*

2. இயக்கவியல் (Dynamics) ... *10*

3. நிலையியல் (Statics) ... *26*

4. நிலைத்திரவவியல் (Hydrostatics) ... *39*

5. பரப்பு இழுவிசை (Surface Tension) ... *49*

6. விரவலும் சவ்வூடு பரவலும் (Diffusion and Osmosis) ... *66*

7. பாகுநிலை (Viscosity) ... *83*

I. பொது
(GENERAL)

1. அலகுகளும் அளவுகளும்
(Units and Measurements)

பொருள்களின் பண்புகளைப்பற்றியும் வெவ்வேறு விதமான ஆற்றல்களைப்பற்றியும் விளக்கும் விஞ்ஞானம் பௌதிகம் எனப் படும். பொருள்களின் பண்புகளைப்பற்றியும் ஆற்றல்களைப்பற்றி யும் வெவ்வேறு வழிகளில் ஆராயும்பொழுது சில முக்கியமான உண்மைகள் புலனாகும். இவ்வுண்மைகளை விதிகள் என்று கூறு கிறோம். இவ் விதிகள் பல நுட்பமான சோதனைகளாலும் அளவீடு களாலும் கிடைக்கின்றன. எனவே, பௌதிகத்தில் நுட்பமான அளவைகள் இன்றியமையாதன.

பௌதிகத்தில் வரும் வெவ்வேறு விதமான அளவுகளைப் பார்க்கும்பொழுது சில அளவுகள் அடிப்படை அல்லது மூல அலகுகள் என்றும், மற்ற எல்லா அளவுகளும் வழி அலகுகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இம் முறையில் நீளம் (length), நிறை (mass), காலம் (time) முதலியன அடிப்படை அலகுக ளாகும்; மற்ற எல்லா அளவுகளும், எடுத்துக்காட்டாகப் பரப்பளவு, வேகம், அடர்த்தி முதலியன வழி அலகுகளாகும்.

பொதுவாக, இருவகை அளவீட்டு முறைகள் வழக்கத்தில் உள்ளன. ஒன்று ஃபிரெஞ்சு அல்லது மெட்ரிக் முறை; மற்றொன்று பிரிட்டிஷ் முறை. மெட்ரிக் முறையில் சென்டிமீட்டர், கிராம், வினாடி முதலியன முறையே நீளம், பொருண்மை, காலம் ஆகிய வற்றை அளவிடப் பயன்படும் அலகுகளாகும். இதேபோன்று பிரிட்டிஷ் முறையில் அடி, பவுண்டு, வினாடி ஆகிய அலகுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

நீட்டலளவின் மெட்ரிக் முறை அலகான சென்டிமீட்டர் என்பது மீட்டர் என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தில் நூறில் ஒரு பகுதியாகும். மீட்டர் என்பது பாரிஸில் 0° சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையில் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட்டினத் தண்டின் நீளமாகும். இதே போன்று பிரிட்டிஷ் முறையில் ஓர் அடி என்பது ஒரு கெஜத்தில் மூன்றில் ஒரு பகுதியாகும். கெஜம் என்பது லண்டன் வர்த்தகக் குழு அலுவலகத்தில் (Office of the

Board of Trade of London) 62°F வெப்ப நிலையில் பாதுகாக்கப் பட்டுவரும் ஒரு வெண்கலத் தண்டிலுள்ள இரு குறியீடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரமாகும்.

நிறை அளவில் கிராம் என்பது ஒரு கிலோ கிராமின் ஆயிரத் தில் ஒரு பகுதியாகும். ஒரு கிலோ கிராம் என்பது பாரிஸில் பாது காக்கப்பட்டுவரும் ஒரு பிளாட்டினக் குண்டின் நிறையாகும். பவுண்டு என்பது லண்டனிலுள்ள வர்த்தகக் குழு அலுவலகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட்டினத் தண்டின் நிறையாகும்.

கால அளவில் ஒரு வினாடி என்பது சராசரிச் சூரிய நாளொன் றில் (Solar day) 86,400-ல் ஒரு பகுதியாகும். சூரிய நாள் என்பது சூரியன் வான்முகட்டை அடுத்தடுத்து இரு தடவைகள் கடப்ப தற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலமாகும். இக்கால அளவு ஓராண்டுக் காலத்தில் சிறிது சிறிது மாறுபடுவதால் சராசரிச் சூரிய நாள் என்ற கால அளவு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

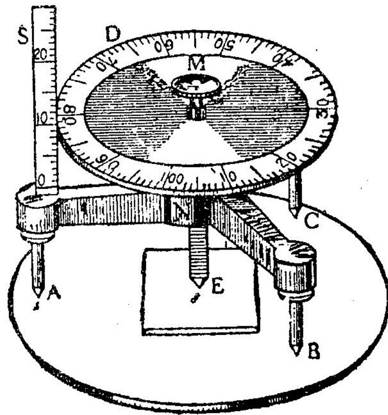
பிரிட்டனில் அடி (Foot), பவுண்டு (Pound), வினாடி (Second) என்பவைகளிலுள்ள முதல் எழுத்துகளைக்கொண்டு F.P.S. முறை யென்றும், பாரிஸில் செண்டிமீட்டர் (Centimetre), கிராம் (Gram), வினாடி (Second) என்பவைகளிலுள்ள முதல் எழுத்துகளைக் கொண்டு C.G.S. முறையென்றும் சொல்லப்படுகிறது.

மற்றும் நீளத்திற்கு ஒரு மீட்டரையும், நிறைக்கு ஒரு கிலோ கிராமையும், காலத்திற்கு ஒரு வினாடியையும் அலகுகளாகக் கொண்டு மீட்டர் (Metre), கிலோகிராம் (Kilo gram), வினாடி (Second) என்பவைகளிலுள்ள முதல் எழுத்துகளைக்கொண்டு M.K.S. என்ற முறையும் இப்பொழுது நடைமுறையில் இருந்து வருகிறது. இந்த முறை படித்தர அலகுகள் (Standard units) என்று சொல்லப்படுகிறது.

கோளமானி (Spherometer): இது திருகாணியின் தத்து வத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இதன் உதவியால் மெல்லிய தகட்டின் பருமனையோ அல்லது கோளவடிவ வளைவு ஆரத்தையோ காணலாம்.

கோளமானியில் மூன்று கூரான கால்களின்மேல் பொருத்தப் பட்டுள்ள ஒரு முக்கவை உலோகச் சட்டம் உள்ளது. இதன் நடுவேயுள்ள மரையின் (N) வழியே கீழ்முனை கூராக உள்ள ஒரு திருகாணி செல்கிறது. உலோகச் சட்டத்தின் மூன்று கூரான

கால்களும் ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் மூன்று மூலைகளில் அமையும். திருகாணியின் மேல் முனையில் ஒரு வட்டமான தட்டு D பொருத்தப்பட்டுள்ளது. M என்பது திருகின் தலை. இந்தத் தட்டின் விளிம்பில் குறியீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இது தலைக்கோல் என்றழைக்கப்படுகிறது. மி.மீ. ஆகப் பிரிக்கப்பட்ட ஓர் அளவுகோல் ஏதாவதொரு காலில் செங்குத்தாக, வட்டத் தட்டிற்கு அருகில் இருக்குமாறு பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது புரியிடைக்கோல் ஆகும். இதன் கீழ்க்கோட்டினைச் சுழிக்கோடாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். பொருளின் உருவ அளவினைக் காண்பதற்குமுன் கீழ்க்கண்ட அளவீடுகளைக் காண வேண்டும்:



படம் 1

1. புரியிடைக்கோலில் ஒரு பகுதியின் மதிப்பு.

2. தலைக்கோலில் உள்ள மொத்தப் பகுதிகள்.

3. திருகு தலையை ஐந்து முறை முழுமையாகச் சுற்றும்பொழுது புரியிடைக்கோலின்மீது வட்டத்தட்டு நகரும் தூரம்.

4. ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு வட்டத் தட்டு நகரும் தூரம் அல்லது புரியிடைத் தூரம்.

5. அதம அளவை $= \dfrac{\text{புரியிடைத் தூரம்}}{\text{தலைக்கோலின் மொத்தப் பகுதிகள்}}$

6. தொடக்க அளவீடு.

தொடக்க அளவீட்டைக் காண்பதற்குக் கோளமானியை ஒரு சமதளக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீது வைக்கவேண்டும். திருகின் முனை தகட்டைச் சற்றே தொடும்படி திருகு தலையைத் திருக வேண்டும். தேவைக்கு அதிகமாகத் திருகினால் கோளமானி

சுழலும். இந்தச் சரியமைப்பிற்குப்பின் தலைக்கோல், புரியிடைக் கோல் ஆகியவை காட்டுகின்ற அளவினைக் குறிக்கவேண்டும்.

தொடக்க அளவீடு = புரியிடைக்கோல் அளவு
+ (தலைக்கோல் அளவு × அதம அளவை)

சோதனை: தகட்டின் தடிப்பைக் கண்டுபிடித்தல்: தொடக்க அளவீடு எடுத்த பின்பு திருகை மேல்நோக்கித் திருகு. பின் சோதனைத் தகட்டைத் திருகாணிக்குக்கீழ் இருக்கும்படி வைக்கவும். மறுபடியும் திருகின் முனை தகட்டைச் சற்றே தொடும்படி திருகுதலையைத் திருகு. புரியிடைக்கோல், தலைக்கோல் முதலியன காட்டுகின்ற அளவினைக் குறி. இதிலிருந்து கோளமானி பதிவு செய்த அளவீட்டைக் காணலாம். தொடக்க அளவீட்டுக்கும் பதிவு செய்த அளவீட்டுக்கும் உள்ள வேறுபாடு தகட்டின் தடிப்பைக் கொடுக்கும். தகட்டின் வெவ்வேறு இடங்களில் தடிப்பைக் கண்டு அதன் சராசரி மதிப்பைப் பெறலாம்.

கோளவடிவப் பரப்பின் வளைவு ஆரம் கண்டுபிடித்தல்: கோள மானியைச் சமதளக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீது வைத்து அதன் தொடக்க அளவீட்டைக் காண். கொடுக்கப்பட்ட கோளவடிவப் பரப்பின்மீது கோளமானியை வைத்து, திருகுதலையைத் திருகி, திருகுமுனை இந்தப் பரப்பின்மீது சற்றே தொடும்படி வைத்துக் கொண்டு புரியிடைக்கோல், தலைக்கோல் முதலியன காட்டும் அளவினைக் குறி. தொடக்க அளவீட்டுக்கும் பதிவு செய்த அளவீட்டுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை 'h' எனக் கொள். குழிபரப்பிற்கு, இந்த வேறுபாடு, திருகின் முனை கோளமானியின் மூன்று கால்களையும் சேர்க்கும் சமதளத்திலிருந்து எவ்வளவு கீழே இருக்கிறதென்றும், குவிபரப்பிற்கு அதே சமதளத்திலிருந்து எவ்வளவு மேலே இருக்கிறதென்றும் அறிய உதவும். பரப்பின் வெவ்வேறு இடங்களில் வைத்து 'h'-ன் சராசரி மதிப்பைக் காண். பின் கோளமானியை ஒரு தாளின்மீது வைத்து மூன்று கால்கள், திருகின் முனை இவற்றின் படிவங்கள் கிடைக்குமாறு அழுத்து. ஏதாவது ஒரு காலின் முனையிலிருந்து திருகின் முனைவரை உள்ள தூரத்தை 'a' எனக் கொண்டு பரப்பின் வளைவு ஆரத்தை

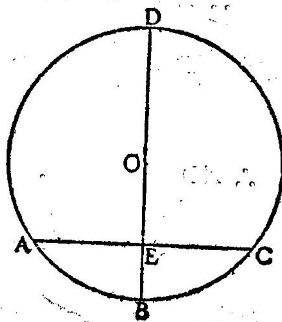
$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{2}{h}$$ என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் காண்.

ஏதாவது இரண்டு கால்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரத்தை l எனக் கொண்டால், வளைவு ஆரத்தை

$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$ என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் காணலாம்.

வளைவு ஆரத்திற்குரிய வாய்பாட்டைக் காணும் முறை

கொடுக்கப்பட்ட பரப்பிற்குரிய கோளத்தின் ஒரு வெட்டு தளப்பிரிவை எடுத்துக்கொள். படத்தில் (படம் 2) கோள மையம், திருகின் முனை, ஒரு காலின் முனை இவற்றின் வழியே செல்லும் கோளத்தின் வெட்டுதளப் பிரிவு காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு காலின் முனையை A என்ற புள்ளியும், திருகின் முனையை B என்ற புள்ளியும், கோள மையத்தை O என்ற புள்ளியும் குறிக்கின்றன. எனவே, AE அல்லது EC என்ற தூரம் திருகின் முனைக்கும் ஒரு காலுக்கும் இடையேயுள்ள 'a' என்ற தூரமாகும். அதேபோல் BE என்பது கொடுக்கப்பட்ட குழிபரப்புக் கோளமானியின் கால்களைச் சேர்க்கும் சமதளத்திலிருந்து எவ்வளவு கீழே உள்ளது (h) என்ற அளவைக் குறிக்கும். BD என்பது கொடுக்கப்பட்ட பரப்பு எந்த ஒரு கோளத்தின் ஒரு பகுதியோ அந்தக் கோளத்தின் விட்டத்தைக் குறிக்கும்.

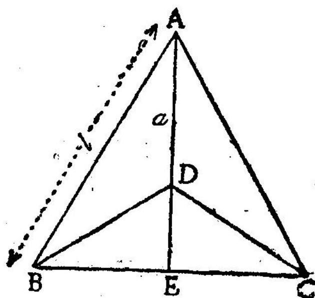


படம் 2

படம் 2-லிருந்து,

$$AE \times EC = BE \times ED$$
$$a \times a = h\,(2R - h)$$
$$a^2 = 2Rh - h^2$$
$$2Rh = a^2 + h^2$$

எனவே,
$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$



படம் 3

படம் 3-ல் உள்ளபடி A, B, C என்ற மூன்று புள்ளிகளும் கோளமானியின் மூன்று கால்களின் முனைகளையும், D என்ற புள்ளி திருகு முனையையும் குறித்தால், AEB என்ற செங்கோண முக்கோணத்திலிருந்து பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்:

$$AE^2 = AB^2 - BE^2$$
$$= l^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

$$= l^2 - \frac{l^2}{4} = \frac{3}{4} l^2$$

$$\therefore AE = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot l$$

ஆனால், $AD = \frac{2}{3} AE$ (D என்ற புள்ளி முக்கோணத்தின் எடை மையப்புள்ளியாகும்.)

$$\therefore AD = a = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot l$$

$$\therefore a = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

a-யின் இந்த மதிப்பைப் பதிலீடு செய்து, வளைவு ஆரத்திற்குக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பெறலாம்:

$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

$$= \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. கோளமானி ஒன்றின் மூன்று கால்களும் 3.6 செ.மீ. பக்க நீளமுள்ள ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் மூலையில் அமைகின்றன. ஒரு குவிபரப்பின்மீது கோளமானி இருக்கும்பொழுது பதிவு செய்த அளவு 4.876 மி.மீ.; அதன் தொடக்க அளவீடு 2.341 மி.மீ.; குவிபரப்பின் வளைவு ஆரம் எவ்வளவு?

கொடுக்கப்பட்ட பரப்பின் உயரம் $= h = 4.876 - 2.341$
$= 2.535$ மி.மீ.
$= 0.2535$ செ.மீ.

கோளமானியின் இரண்டு
கால்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் $l = 3.6$ செ.மீ.

$$\therefore R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

$$= \frac{3.6^2}{6 \times 0.2535} + \frac{0.2535}{2}$$

$$= 8.52078 + 0.1268$$

$= 8.6475$ அல்லது 8.65 செமீ.

2. கோளமானி ஒன்றின் மூன்று கால்களும் 3.5 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் அமைகின்றன. சமதளத்திலிருக்கும்பொழுது பதிவுசெய்த அளவு 4.25 மி.மீ.; குழிபரப்பின் மீது பதிவுசெய்த அளவு 3.20 மி.மீ. பரப்பின் வளைவு ஆரம் எவ்வளவு?

குழிபரப்பின் ஆழம் = 4.25—3.20 மி.மீ.
= 1.05 மி.மீ. = 0.105 செ.மீ.

திருகுமுனைக்கும் ஒரு காலுக்கும் உள்ள தூரம் = 3.5 செ.மீ.

$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$
$$= \frac{3.5^2}{2 \times 0.105} + \frac{0.105}{2}$$
$$= 58.33 + 0.05$$
$$= 58.38 \text{ செ.மீ.}$$

3. கோளமானியின் கால்கள் 6.2 செ.மீ. பக்க நீளமுள்ள சமபக்க முக்கோணத்தின் மூலைகளில் அமைகின்றன. கோளமானி குழிபரப்பின்மீது இருக்கும்பொழுது பதிவு செய்யும் அளவீடு 0.1 செ.மீ. பரப்பின் வளைவு ஆரம் எவ்வளவு? (64.12 செ.மீ.)

2. இயக்கவியல்

(Dynamics)

பௌதிகத்தில் இயந்திரவியல் (Mechanics) என்பது ஒரு பிரிவு. இது பொருளின்மீது தொழிற்படும் புறச்செயலைப்பற்றி ஆராயும். இதனைப் பொதுவாக இயக்கவியல் (Dynamics), நிலையியல் (Statics) என்று இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். இயக்கவியல், புறச்செயலி தொழிற்பட்டுப் பொருள் இயங்குவதுபற்றியும், நிலையியல் புறச்செயலி தொழிற்பட்டுப் பொருள் நடுநிலையிலோ அமைதி நிலையிலோ இருப்பதுபற்றியும் ஆராயும் பிரிவாகும்.

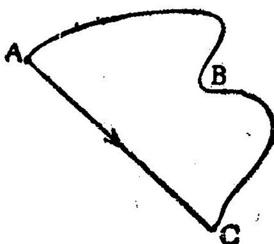
ஒரு பொருள் என்பது வரையறுக்கப்பட்ட உருவ அமைப்புக் கொண்ட மூலப்பொருளின் ஒரு பகுதியாகும். ஒரு துகள் என்பது பொருளின் மிகச் சிறிய ஒரு பகுதியாகும். ஒரு துகளில் ஏதாவது இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் புறக்கணிக்கும் அளவிற்குக் குறைவாக இருந்தால் ஒரு புள்ளியே ஒரு துகளைக் குறிப்பதாக எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

ஒரு பொருள் அல்லது துகள் தனது நிலையை, அதனைச் சூழ்ந்து உள்ள பொருள் நிலையுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்பொழுது மாறாமல் இருந்தால் அது அமைதி நிலையில் உள்ளது எனக்கொள்ளலாம். அப்படியின்றித் தனது நிலையைத் தொடர்ந்து மாற்றிக்கொண்டே இருந்தால் அது இயங்குகிறது என்று கொள்ளலாம். பொருளின் அடுத்தடுத்த நிலைகளை இணைக்கும் கோடு, அதன் பாதையைக் குறிக்கும். அதன் பாதை வளைந்தோ, நேராகவோ இருக்கலாம்.

என்ன வேகத்தில் பொருள் தனது பாதையைக் கடந்து செல்கிறதோ அதை அந்தப் பொருளின் வேகம் எனலாம். ஒரு பொருள் *ABC* என்ற பாதையைக் கடந்து செல்ல *t* விநாடிகள் எடுத்துக் கொண்டால், அதனுடைய வேகம் $= \dfrac{ABC\text{என்ற பாதையின் நீளம்.}}{t}$

இடப்பெயர்ச்சி: பொருளின் முதல் நிலைக்கும் இறுதிநிலைக்கும் இடையேயுள்ள நேர்த்தொலைவு இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். படத்தில் பொருளினுடைய பாதை *ABC* ஆக இருந்தபோதிலும் அது இடம் பெயர்ந்த தொலைவு *AC* ஆகும்.

என்ன வேகத்தில் இடம் பெயர்கின்றதோ அது அந்தப் பொருளின் திசைவேகத்தைக் குறிக்கும்; அல்லது ஒரு விநாடியில் இடம் பெயர்ந்த தொலைவு பொருளினுடைய திசைவேகத்திற்குச் சமமாகும்.



படம் 4

வேகத்தை அல்லது திசைவேகத்தைச் செ.மீ./விநாடி அல்லது அடி/விநாடி என்ற அலகுகளால் அறியலாம்.

திசைவேகம் என்று கூறும்பொழுது பொருள் எந்தத் திசையில் இயங்கிச் செல்கிறது என்றும் கூற வேண்டும். ஆனால் வேகம் என்று குறிப்பிடும்பொழுது இயங்கிச் செல்லுகின்ற திசையினைக் குறிப்பிடவேண்டியதில்லை.

எண் மதிப்பு, திசை ஆகிய இரண்டும் பெற்ற இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் போன்ற திசை சார்ந்த அளவுகள் வெக்டர் (Vector) அளவுகள் என்றும், எண் மதிப்பு மட்டும் பெற்ற வேகம், பரப்பளவு, கன அளவு போன்ற திசை சாரா அளவுகள் ஸ்கேலார் (Scalar) அளவுகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

சீரான திசைவேகம்: ஒரு பொருள் சமகால அளவுகளில்—கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—ஒரே திசையில் சம இடப்பெயர்ச்சிகளைப் பெற்றிருப்பின், அந்தப் பொருள் சீரான திசைவேகத்தைப் பெற்றுள்ளது எனக் கூறலாம்.

ஒரு பொருள் சீரான திசைவேகத்தைப் பெற்று, t விநாடிகளில் s தொலைவு சென்றால், அதனுடைய திசைவேகம்

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{அல்லது} \quad s = v \cdot t$$

ஒரு பொருளின் திசைவேக எண் மதிப்போ அல்லது அது இயங்குகின்ற திசையோ அல்லது எண் மதிப்பும் திசையும் சேர்ந்தோ மாறினால், அந்தப் பொருள் சீரற்ற திசைவேகத்தைப் பெற்றுள்ளது எனலாம். மேற்கூறிய எடுத்துக்காட்டில் *ABC* என்ற வளைந்த பாதையின் வழியே பொருள் இயங்கும்பொழுது அதனுடைய திசை மாறிக்கொண்டேயிருப்பதால், அது ஒரே சீரான வேகத்துடன் சென்றபோதிலும் அதனுடைய திசைவேகம் சீரான

தன்று. பொருளினுடைய பாதையில் ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் திசைவேகம் காண, அந்தப் புள்ளியைச் சேர்ந்து பொருள் கடந்த ஒரு சிறிய தொலைவையும், அந்தத் தொலைவைக் கடக்க எடுத்துக் கொண்ட காலத்தையும் கணக்கிட வேண்டும். இரண்டிற்கும் உள்ள விகிதம் அந்தப் புள்ளியில் பொருளினுடைய திசைவேகத்தின் மதிப்பைக் கொடுக்கும். அந்தப் புள்ளியில் ஒரு தொடு கோடு வரைந்து பொருளின் திசையைக் காணலாம்.

$$\text{பொருளின் சராசரித் திசைவேகம்} = \frac{\text{மொத்தத் தொலைவு } AC}{t}$$

குறிப்பிட்ட திசையில் ஓர் அலகு காலத்தில் ஓர் அலகு தொலைவினைக் கடந்தால், பொருளுக்கு ஓர் அலகு திசைவேகம் உள்ளது எனக் கூறலாம்.

பொருளின் திசைவேகம் எண் மதிப்பிலோ, அல்லது திசையிலோ அல்லது இரண்டிலுமோ நேரத்திற்கு நேரம் மாறுபட்டால், பொருளுக்கு முடுக்கம் (acceleration) உள்ளது எனக் கூறலாம்.

எனவே, என்ன வேகத்தில் திசைவேகம் மாறுபடுகிறதோ அதுவே பொருளின் முடுக்கத்தைக் குறிக்கும். அல்லது ஒரு வினாடி நேரத்தில் பொருளுக்கு ஏற்படும் திசைவேகத்தின் மாற்றம் அதனுடைய முடுக்கத்தைக் குறிக்கும்.

$$\therefore \text{ முடுக்கம்} = \frac{\text{திசைவேகத்தின் மாறுபாடு}}{\text{எடுத்துக்கொண்ட காலம்}}$$

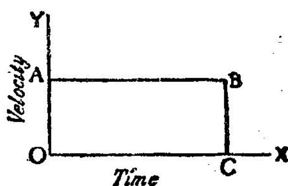
முடுக்கத்தை $\frac{\text{செ. மீ.}}{(\text{வினாடி})^2}$ அல்லது $\frac{\text{அடி}}{(\text{வினாடி})^2}$ என்ற அலகுகளால் குறிக்கலாம். முடுக்கத்தின் மதிப்பு எதிர்க்குறியாயிருப்பின் அதைக் குறை முடுக்கம் எனலாம்.

ஒரு பொருளின் திசைவேகம் சமகால அளவுகளில்—கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—சம அளவு மாறுபடுமானால், அந்தப் பொருள் சீரான முடுக்கத்தைப் பெற்றுள்ளது எனலாம்.

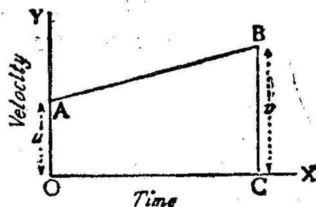
திசை வேகம் - வரைபடங்கள்: பொருளின் இயக்கத்தை வரைபடம் மூலமும் அறியலாம். காலத்தை X-ஆயத்திலும் திசைவேகத்தை Y-ஆயத்திலும் குறிக்க வேண்டும்.

படம் 5-ல் OA, பொருளின் தொடக்கத் திசைவேகத்தைக் குறிக்கிறது. இது சீரான திசைவேகத்தைக் குறிக்கும் வரைபடம்.

AB என்ற கோடு X-அச்சுக்கு இணையாக உள்ளது. பொருள் கடந்து சென்ற தொலைவு, அதனுடைய திசைவேகம், எடுத்துக்

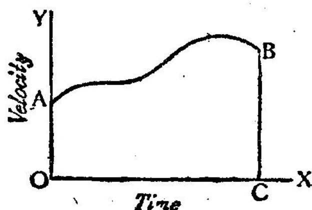


படம் 5



படம் 6

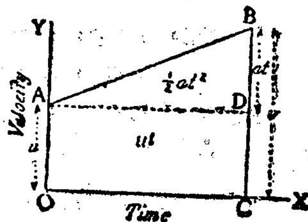
கொண்ட காலம் இவற்றின் பெருக்கற் பலனால் அறியப்படும். படத்தில் $OABC$-யின் பரப்பளவு இதனைக் குறிக்கிறது. படம் 6 சீரற்ற திசைவேகம் கொண்ட பொருளின் இயக்கத்தைக் குறிக்கின்றது. திசைவேகம் ஒரே சீராக மாறுவதாக இதில் வரையப்பட்டுள்ளது. எனவே, பொருள் கடந்து சென்ற தொலைவை $OABC$-யின் பரப்பளவால் அறியலாம்.



படம் 7

படம் 7 சீரற்ற திசைவேகத்துடன், திசைவேகத்தின் மாறுபாடு சீரற்றதாக உள்ள பொருளின் இயக்கத்தைக் குறிக்கின்றது. எனவே, இங்கு முடுக்கம் சீரற்ற முடுக்கமாகும். பொருள் கடந்து சென்ற தொலைவை $OABC$-யின் பரப்பளவால் அறியலாம்.

சீரான முடுக்கத்துடன் இயங்கும் ஒரு பொருளுக்குத் திசைவேகம்-காலம் வரைபடத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். OA பொருளின் தொடக்கத் திசைவேகம் u-வைக் குறிக்கிறது. t வினாடிகளின் இறுதியில் ஏற்படும் v-யை OB குறிக்கிறது. t வினாடிகளில் சென்ற தொலைவை $OABC$-யின் பரப்பளவு குறிக்கிறது. OX-க்கு இணையாக BC-யை D-யில் சந்திக்கும்படி AD என்ற கோடு வரையப்பட்டுள்ளது.



படம் 8

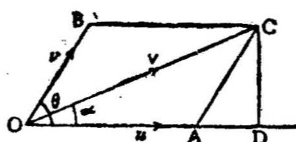
$OABC$-யின் பரப்பளவு = செவ்வகம் $OADC$-யின் பரப்பளவு + முக்கோணம் ABD-யின் பரப்பளவு

$$s = OA \cdot OC + \tfrac{1}{2} \cdot BD \cdot AD$$
$$= ut + \tfrac{1}{2}(BC - CD) \cdot AD$$
$$= ut + \tfrac{1}{2}at \cdot t = ut + \tfrac{1}{2}at^2$$

இணைகர விதி
(Parallelogram Law)

ஒரு வெக்டர் அளவையின் எண் மதிப்பு, திசை ஆகியவற்றை ஒரு நேர்கோடு வரைந்து குறித்துக் காட்டலாம். இந்த நேர் கோடு வெக்டரின் திசையிலேயே இருக்கவேண்டும். நேர் கோட்டின் நீளம் வெக்டரின் எண் மதிப்பிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்க வேண்டும். வெக்டரின் திசையை ஓர் அம்புக்குறி மூலம் சுட்டிக் காட்ட வேண்டும்.

ஒரு பொருளுக்கு ஒரே நேரத்தில் இரண்டு வெவ்வேறு திசை களில் திசைவேகம் இருக்குமானால், அந்தத் திசைவேகங்களை u, v என்று எடுத்துக்கொண்டு படம் 9-ல் காட்டியுள்ளபடி O என்ற புள்ளியிலிருந்து OA, OB என்ற கோடுகள் வரைந்து சுட்டிக்காட்ட லாம். திசைவேகத்தின் தொகு பயனை அறிய $OACB$ என்ற இணை கரம் வரைந்தால் அதனுடைய OC என்ற மூலைவிட்டம் u, v-யின் தொகுபயனின் எண் மதிப்பை யும் திசையையும் கொடுக்கும்.



படம் 9

தொகுபயனைக் காண OA-க்கு CD என்ற நேர்குத்துக்கோடு வரைய வேண்டும். AOB என்ற கோணம் θ என்று எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$OC^2 = OD^2 + CD^2 = (OA + AD)^2 + CD^2$$
$$= OA^2 + 2OA \cdot AD + AD^2 + CD^2$$

ஆனால் $AD^2 + CD^2 = AC^2$

$$\therefore OC^2 = OA^2 + 2OA \cdot AD + AC^2$$

$$V^2 = u^2 + v^2 + 2u \cdot v \cdot \cos\theta \left(\because \frac{AD}{AC} = \cos\theta\right)$$

$$V = \sqrt{u^2 + v^2 + 2\, u \cdot v \cdot \cos\theta}$$

தொகுபயனின் திசைக்கும் u-வின் திசைக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் α என்றால்,

$$\tan \alpha = \frac{CD}{OD} = \frac{CD}{OA + AD} = \frac{v \sin \theta}{u + v \cos \theta}$$

இதே முறையில் இரண்டு இடப்பெயர்ச்சிகள், இரண்டு முடுக்கங்கள், இரண்டு விசைகள் ஆகியவற்றின் தொகுபயனைக் காணலாம். எனவே, θ என்ற இடைக்கோணம் அமையும்படியுள்ள u, v என்ற இரண்டு வெக்டர் அளவுகளின் தொகுபயனைக் கீழ்க்காணும் பொதுவான சமன்பாட்டிலிருந்து பெறலாம்.

$$V = \sqrt{u^2 + v^2 + 2u \cdot v \cdot \cos \theta}$$

(i) இரண்டு வெக்டர்களும் ஒரே திசையிலிருந்தால், $\theta = 0$

$$\therefore \quad V = \sqrt{u^2 + v^2 + 2\, u \cdot v \cdot 1}$$
$$= u + v$$

(ii) இரண்டு வெக்டர்களும் எதிர்த்திசையிலிருந்தால், $\theta = 180$

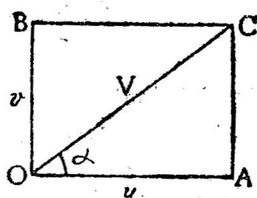
$$V = \sqrt{u^2 + v^2 - 2\, u\, v}$$
$$= u - v \text{ அல்லது } v - u \text{ என்று}$$

$u > v$ அல்லது $v > u$ என்பதைச் சார்ந்து கூறலாம்.

(iii) இரண்டு வெக்டர்களும் நேர்குத்தாக இருந்தால், $\theta = 90$

$$V = \sqrt{u^2 + v^2}$$

படம் 10-ல் u, v-யின் தொகுபயன் V. கோணம் $AOB = 90°$ OC-க்கும் OA-க்கும் இடைப்பட்ட கோணம் α என்றால்,



படம் 10

$$\tan \alpha = \frac{AC}{OA} = \frac{v}{u}$$

$$\sin \alpha = \frac{AC}{OC}$$

$$\therefore \quad AC = OC \cdot \sin \alpha$$

அதாவது, $v = V \cdot \sin \alpha$

$$\cos \alpha = \frac{OA}{OC}$$

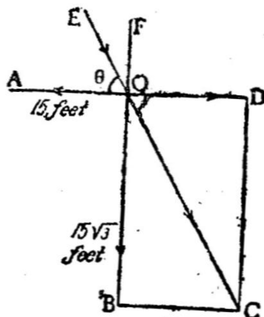
$$OA = OC \cdot \cos \alpha$$
$$u = V \cdot \cos \alpha$$

u, vஐ வெக்டர் V-யின் ஆக்கக் கூறுகள் எனலாம்.

மாதிரிக் கணக்கு : 15 அடி/விநாடி வேகத்தில் ஒருவன் மழையில் ஓடுகிறான். மழை $15\sqrt{3}$ அடி/விநாடி வேகத்தில் செங்குத்தாக விழுகிறது. என்ன வேகத்தில், எந்தக் கோணத்தில் அவனை மழை தாக்கும் ?

OA-வும் OB-யும் அவனுடைய வேகத்தையும் மழையினுடைய வேகத்தையும் குறிக்கட்டும்.

மழையின் வேகம், எதிர்த்திசையில் அவனுடைய வேகம் ஆகியவற்றின் தொகுபயனை OC குறிக்கிறது. இது அவனுடைய வேகத்தோடு ஒப்பிட்ட மழையின் வேகமாகும். படத்தில் OD என்பது அவனுடைய வேகத்தை எதிர்த்திசையில் குறிப்பதாக உள்ளது.



$$OC^2 = OD^2 + OB^2 = 15^2 + (15\sqrt{3})^2$$
$$= 225 + 675 = 900$$

$\therefore \quad OC = 30$ அடி/விநாடி

படம் 11

மழை அவனை EO என்ற திசையில் தாக்குகிறது. EOA என்ற கோணம் θ ஆனால்,

$$\tan\theta = \frac{CD}{OD} = \frac{15\sqrt{3}}{15} = \sqrt{3}$$
$$\theta = 60^\circ$$

எனவே, 30 அடி/விநாடி வேகத்தில் 60° கோணத்தில் மழை அவனைத் தாக்கும்.

சீரான வட்ட இயக்கம் (Uniform Circular Motion)

v என்னும் சீரான வேகத்துடன் r என்னும் ஆரத்தையுடைய வட்டத்தின் பரிதியின் வழியாக ஒரு துகள் செல்வதாகக் கருதுவோம். t விநாடியில் ஆரக்கோடு θ ரேடியேன் என்ற கோணத்தை விளைவித்தால், கோணவேகம் (Angular velocity) $w = \frac{\theta}{t}$

$$\text{சீரான வேகம்} \quad v = \frac{s}{t}$$

$$\text{ஆனால்,} \quad s = r\theta$$

$$எனவே, v = r \frac{\theta}{t}$$

$$= r w$$

வட்டப் பரிதியின் வழியாகச் சீரான வேகத்துடன் செல்லும் ஒரு பொருளின் திசை தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். எனவே, அது செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்துத் திசையில் எப்பொழுதும் ஒரு குறிப்பிட்ட விசை செயற்படுகிறது. அப் பொருளின்மீது ஒரு விசை செயற்படும்பொழுது, விசையின் திசையில் அப் பொருளுக்கு ஒரு முடுக்கம் ஏற்படுகிறது. இம் முடுக்கத்திற்கு நேர் முடுக்கம் (Normal acceleration) என்று பெயர். இதன் அளவு $\frac{v^2}{r}$ என்று கணக்கிடப்படுகிறது.

வட்டப் பரிதியின் வழியாகச் செல்லும் துகளின்மீது வட்ட மையத்தை நோக்கிச் செயற்படும் விசை, மையநோக்கு விசை (Centripetal force) எனப்படும்.

துகளின் நிறை m என்றால், மையநோக்கு விசை $= \frac{m v^2}{r}$

$$= \frac{mr^2w^2}{r}$$

$$= mrw^2$$

ஒரு கயிற்றின் ஒரு நுனியில் ஒரு கல்லைக் கட்டி மறுநுனியைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு சீராகச் சுழற்றினால், கயிற்றில் உருவாகும் இழுவிசை (Tension) மையநோக்கு விசையாகும். அதே சமயத்தில் மையத்தை விட்டு வெளியே இழுக்கும் ஒரு விசையை நம் கை உணர்கிறது. இந்த விசைக்கு மையவிலக்கு விசை (Centrifugal force) என்று பெயர். நாம் ரயிலில் அல்லது பேருந்து வண்டியில் பிரயாணம் செய்யும்போது ரயில் அல்லது வண்டி திடீரென இடப்புறம் வளைந்து திரும்பினால், நாம் வலப்புறமாகத் தள்ளப்படுகிறோம்.

மையவிலக்கு விசையை அடிப்படையாகக்கொண்டு வாட்டின் வேகங்காக்கும் விசையமைப்பு (Watts governor), மைய விலக்குப் பம்பு (Centrifugal pump) முதலியன செயற்படுகின்றன.

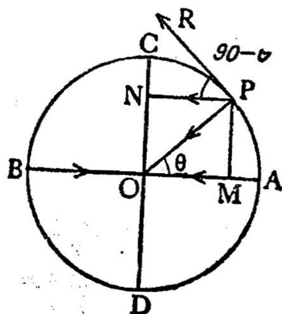
சீரிசை இயக்கம் (Simple Harmonic Motion)

ஒரு பொருளின் முடுக்கம் அது இயங்கும் பாதையிலுள்ள ஒரு நிலையான புள்ளியை நோக்கி எப்பொழுதும் இருக்குமாறு அமைந்து, அந்தப் புள்ளியிலிருந்து இடம் பெயர்ந்த தொலைவிற்கு

நேர்விகிதத்தில் இருந்தால், அது சீரிசை இயக்கத்தைக்கொண்டுள்ளது எனலாம்.

பொருளின் இயக்கம் நேர்கோட்டினிலோ அல்லது வட்டப் பாதையினிலோ இருக்கலாம். பொருள் வட்டத்தின் பரிதியின் வழியே இயங்கும்போது இவ் வியக்கத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம்.

a என்ற ஆரமும் *O*-வை மையமாகவும் உடைய ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் *v* என்ற சீரான வேகத்துடன் இயங்கும் *P* என்ற ஒரு பொருளை எடுத்துக்கொள்வோம். *AB* வட்டத்தின் விட்டமாகும். *AOB* என்ற விட்டத்திற்கு நேர்குத்தாக *PM* வரையப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது *P* வட்டத்தின் பரிதியில் இயங்கும்பொழுது *M* என்ற புள்ளி இந்த விட்டத்தின்மீது இங்குமங்கும் இயக்கமுறும். *M* என்ற புள்ளி தனியிசை இயக்கம் கொண்டுள்ளது என்று கூறலாம். எனவே, ஒரு வட்டத்தின் பரிதியின் வழியே சீராக இயங்கும் பொருளிலிருந்து விட்டத்திற்கு வரையப்படும் நேர்குத்துக் கோட்டின் அடித்தலப் புள்ளி அந்த விட்டத்தின்மீது இயங்கும் இயக்கத்தைத் தனியிசை இயக்கம் என்று வரையறுக்கலாம். *OA* என்ற தொலைவை அலைவு வீச்சு எனவும், *M* என்ற புள்ளி *A*-யிலிருந்து *B* வரை சென்று பின் *B*-யிலிருந்து *A* வரை செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் மொத்தக் காலத்தை அலைவு நேரம் T எனவும் கூறலாம். இந்தக் காலம் T, பொருள் *P* வட்டத்தை ஒரு முறை சுற்றுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்திற்குச் சமமாகும்.



படம் 12

OP என்ற ஆரம் என்ன வேகத்தில் *AOP* என்ற கோணத்தை அமைக்கிறது என்று அறிந்து, அதன் மூலம் *P*-யின் வேகத்தைக் கணக்கிடுவது மிகவும் பயனுள்ளதாகும். *AOP* என்ற கோணத்தை ரேடியன் (Radian) அளவில் குறிப்பிட வேண்டும். இவ்வாறு கணக்கிடப்படும் வேகம் கோணவேகம் *w* எனப்படும். மேற்கூறிய எடுத்துக்காட்டில் கோணவேகத்தின் மதிப்பு $\frac{\theta}{t}$ ஆகும். (*t* என்பது *A*-யிலிருந்து *P* வரை செல்ல எடுத்துக்கொண்ட காலம்.) இங்குக் கோணவேகம் மாறிலியாயிருக்கும்.

ஒரு முழுச்சுற்றில் OP என்ற ஆரம் 2π ரேடியன் கோணத்தை அமைப்பதால், P, ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் அல்லது M-ன் அலைவு நேரம் $T = \frac{2\pi}{w}$.

$$\text{ஆனால்,}\quad v = \frac{2\pi}{T} a = a \cdot w.$$

M, இடம் பெயர்ந்த தொலைவு : இயங்கும் புள்ளி (M), A-யில் இருக்கும்பொழுது காலத்தைத் தொடங்குவதாக எடுத்துக்கொள்வோம். எனவே, t வினாடிகளுக்குப்பின் பொருள்.

$$P\text{-யில் இருந்தால்}\quad OM = x = a \cdot \cos\theta$$
$$= a \cos(wt)$$

M-ன் முடுக்கம் : P-யின் (நேரான) நேர்கோட்டுத் திசை வேகம் மாறிக்கொண்டேயிருப்பதால் P-க்கு முடுக்கம் உள்ளது. திசைவேகத்தின் எண் மதிப்பு மாறிலியாயிருப்பதால், முடுக்கம் PO-வின் திசையில் P-யிலிருந்து வட்டத்தின் பரிதிக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். முடுக்கத்தின் எண் மதிப்பு aw^2 என்றும், அது O-வை நோக்கி இருக்கும் என்றும் நிரூபிக்கலாம். PN என்பது MO-க்கு இணையாக இருப்பதால், M-ன் முடுக்கத்தை PN திசையில் உள்ள P-யின் முடுக்கத்தின் ஓர் ஆக்கப் பிரிவு கொடுக்கும்.

$$\text{எனவே, } M\text{-ன் முடுக்கம்} = a \cdot w^2 \cdot \cos\theta$$
$$= a \cdot w^2 \cdot \cos wt$$
$$\text{ஆனால், } x = a \cos wt$$
$$\therefore\ M\text{-ன் முடுக்கம்} = aw^2 x$$

M-ன் முடுக்கம் எப்பொழுதும், O என்ற நிலையான புள்ளியிலிருந்து அதனுடைய இடப் பெயர்ச்சி x-க்கு எதிராக இருப்பதாலும், O-விலிருந்து அது இடம் பெயர்ந்த தொலைவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதாலும், M-ன் இயக்கத்தைத் தனியிசை இயக்கம் எனலாம்.

எனவே, தனியிசை இயக்கச் சமன்பாடு கீழ்க்கண்டவாறு அமையும் :

$$\text{முடுக்கம்} = -w^2 \cdot x.$$

முடுக்கம், இடம் பெயர்ந்த தொலைவிற்கு எதிராக இருப்பதை இந்த எதிர்க்குறி குறிக்கும். இடம் பெயர்ந்த தொலைவு ஓர் அலகானால் ($x = 1$) முடுக்கம் $= w^2$.

அலைவு நேரம் $T = \frac{2\pi}{w}$

$$= 2\pi . \frac{1}{\sqrt{\text{ஓர் அலகு தொலைவிற்கு முடுக்கம்}}}$$

அலைவு நேரம் அலைவு வீச்சைப் பொருத்ததன்று.

PN என்பது MO-க்கு இணையாக இருப்பதால், M-ன் திசை வேகம் PN திசையிலுள்ள P-யின் திசைவேகத்தின் ஓர் ஆக்கப் பிரிவிற்குச் சமமாகும்.

$$M\text{-ன் திசைவேகம்} = v . \cos . R\hat{P}N = v . \cos (90-\theta)$$
$$= a . w . \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{PM}{OP} = \frac{PM}{a}$$
$$PM^2 = a^2 - x^2$$

எனவே, M-ன் திசைவேகம் $= \frac{a\, w \sqrt{a^2-x^2}}{a}$

$$= w. \sqrt{a^2-x^2}$$

சீரிசை இயக்கங்களின் தொகுப்பு

1. ஒரே நேர்கோட்டில் உள்ள இரு சீரிசை இயக்கங்கள்

ஒரே நேர்கோட்டில் உள்ள ஒரே அலைவு நேரங்களைக்கொண்ட இரு சீரிசை இயக்கங்களின் வீச்சுகள் a_1, a_2 என்றும் தொடக்க நிலைகள் முறையே e_1, e_2 என்றும் கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இடப் பெயர்ச்சிகள் x_1, x_2 என்றால்,

$$x_1 = a_1 \cos (wt+e_1) \qquad \ldots\ldots(1)$$
$$x_2 = a_2 \cos (wt+e_2) \qquad \ldots\ldots(2)$$

இவ்விரு இடப் பெயர்ச்சிகளும் ஒரே நேர்கோட்டில் இருப்பதால் அவற்றின் தொகுபயனும் அதே நேர்கோட்டில் தான் இருக்கும்.

தொகுபயன் X என்றால்,

$X = A \cos\ (wt+e)$ என்று எழுதலாம்.

மற்றும் $X = x_1 + x_2 \qquad \ldots\ldots(3)$

எனவே $A \cos(wt+e) = a_1 \cos(wt+e_1)+a_2 \cos(wt+e_2)$.
இதை விரித்து ஒழுங்குபடுத்தினால்

$$A \cos e = a_1 \cos e_1 + a_2 \cos e_2 \qquad \ldots\ldots(4)$$
$$A \sin e = a_1 \sin e_1 + a_2 \sin e_2 \qquad \ldots\ldots(5)$$

(4)யையும், (5)யையும் இருமடியாக்கினால்

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(e_1 - e_2) \qquad \ldots\ldots(6)$$

(5)ஐ (4)ஆல் வகுத்தால்

$$\tan e = \frac{a_1 \sin e_1 + a_2 \sin e_2}{a_1 \cos e_1 + a_2 \cos e_2} \qquad \ldots\ldots(7)$$

சமன்பாடுகள் (6), (7) தொகுபயன் சீரிசை இயக்கத்தின் வீச்சையும் தொடக்க நிலையையும் தருகின்றன.

(1) இதில் $e_1 = e_2$ என்றால் $\cos e(e_1 e_2) = 1$
எனவே $a = a_1 + a_2$, $\tan e = \tan e_1$

அதாவது தொகுபயன் சீரிசை இயக்கம் ஆக்கக் கூறுகளின் தொடக்க நிலையையே கொண்டுள்ளது. அதன் வீச்சு ஆக்கக் கூறுகளின் வீச்சுகளின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

(2) இதில் $e_1 - e_2 = \pi$ என்றால் $\cos(e_1 - e_2) = 1$

எனவே $a = a_1 - a_2$; $\tan e = \tan e_1 = \tan e_2$
$e = e_1 - e_2$

அதாவது தொகுபயன் சீரிசை இயக்கத்தின் வீச்சு ஆக்கக் கூறுகளின் வீச்சுகளின் வேறுபாட்டிற்குச் சமம். தொடக்க நிலை ஆக்கக் கூறுகளின் தொடக்க நிலைக்குச் சமமாகும்.

2. ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தாக உள்ள ஒரே அலைவு நேரத்தைக் கொண்ட இரு சீரிசை இயக்கங்கள்.

இந்த இரண்டு இயக்கங்களையும்

$$x = a \cos wt \qquad \ldots\ldots(1)$$

என்றும் $y = b \cos(wt+e)$ ......(2)

என்றும் குறிப்பிட்டால்,

$$\frac{y}{b} = \cos wt \cdot \cos e - \sin wt \cdot \sin e \qquad \ldots\ldots(3)$$

$$\frac{y}{b} = \frac{x}{a} \cos e - \sin e \sqrt{\frac{1-x^2}{a^2}}$$

$$\frac{y}{b} - \frac{x}{a}\cos e = -\sin e\sqrt{\frac{1-x^2}{a^2}} \quad \ldots\ldots(4)$$

இதன் இருமடி

$$\left(\frac{y}{b} - \frac{x}{a}\cos e\right)^2 = \sin^2 e\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right) \quad \ldots\ldots(5)$$

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{a^2}\cos^2 e - \frac{2xy}{ab}\cos e = \sin^2 e - \frac{x^2}{a^2}\sin^2 e$$

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{2xy}{ab}\cos e + \frac{y^2}{b^2}\sin^2 e \quad \ldots\ldots(6)$$

இது x, y அச்சுகளுடன் சாய்ந்த அச்சுகளையுடைய நீள வட்டத்திற்குரிய பொதுவான சமன்பாடாகும். எனவே தொகு பயன் இயக்கம் ஒரு நீள் வட்டமாகும்.

(1) இதில் $e = 0$ என்றால், $\sin e = 0$, $\cos e = 1$

$$\left(\frac{y}{b} - \frac{x}{a}\right)^2 = 0$$

$$\text{எனவே } \frac{y}{b} = \frac{x}{a} \text{ அல்லது } \frac{y}{x} = \frac{b}{a} = \text{ஒரு மாதிரி}$$

இச் சமன்பாடு ஆயங்களின் தொடக்கம் வழியாகச் செல்லும் நேர்கோட்டைக் குறிக்கும்.

(2) $e = \pi$ என்றால், $\cos e = -1$, $\sin e = 0$

$$\left(\frac{y}{b} + \frac{x}{a}\right)^2 = 0; \quad \frac{y}{b} + \frac{x}{a} = 0$$

$$\therefore \frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 0$$

$$\frac{y}{x} = -\frac{a}{b} = \text{ஒரு மாதிரி}$$

இச் சமன்பாடு ஆயத் தொடக்கத்தின் வழியே செல்லும் எதிர் வாட்டத்தைக் கொண்ட ஒரு நேர்கோட்டைக் குறிக்கிறது. எனவே தொகுபயன் ஒரு நேர்கோட்டில் அமையும்.

(3) $e = \frac{\pi}{2}$ என்றால் $\cos e = 0$, $\sin e = 1$

$$\text{எனவே } \frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{a^2} = 1$$

இது அச்சுக் கூறுகளின் திசைகளோடு ஒன்றிய அச்சுகளைக் கொண்ட நீள் வட்டத்தைக் குறிக்கும்.

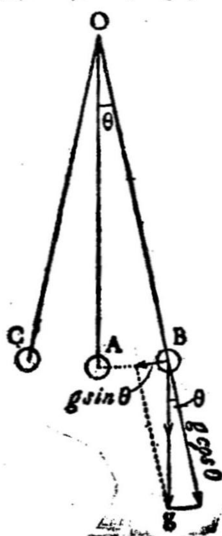
(4) $e = \frac{\pi}{2}$, $a = b$ என்றால்

$$x^2 + y^2 = a^2$$

இச் சமன்பாடு a-ஐ ஆரமாகக் கொண்ட ஒரு வட்டமாகும். எனவே தொகுபயன் இயக்கம் ஒரு வட்ட இயக்கமாகும்.

தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் : O என்ற புள்ளி தனி ஊசலின் தொங்குதானத்தையும், ஊசல் நடுநிலையிலிருக்கும் பொழுது A என்ற புள்ளி குண்டின் எடை மையத்தையும் குறிப்பதாகக் கொள்வோம். OA என்ற தொலைவு ஊசலின் நீளத்தைக் (l) குறிக்கும். குண்டு B என்ற புள்ளிக்கு இடம் பெயரும்பொழுது நூல் செங்குத்திலிருந்து θ என்ற கோணம் சாய்வதாகக் கொள் வோம்.

B என்ற புள்ளியில் புவியீர்ப்பின் முடுக்கம் குண்டின்மீது செங் குத்தாகத் தொழிற்படும். இதனை OB-யின் திசையில் $g.\cos\theta$ ஆகவும், OB-க்கு நேர்குத்துத் திசையில் $g.\sin\theta$ ஆகவும் பிரிக்கலாம். $g.\sin\theta$ ஆக்கக் கூறு BA என்ற வட்டப் பரிதிக்கு B என்ற புள்ளியில் வரையப்பட்ட தொடு கோட்டின் திசையிலிருக்கும் அலைவு வீச்சு குறைவாக இருக்கும்பொழுது B-யில் வரையப்பட்ட தொடுகோடு AB-யுடன் ஒன்றித்திருக்கும் என எடுத்துக்கொள்ள லாம். எனவே, BA என்ற திசையில் குண்டின் முடுக்கம்



படம் 18

$$a = g \cdot \sin\theta = \frac{AB}{OA} \cdot g$$

$$= \frac{g}{l} \cdot AB$$

முடுக்கமும் இடப் பெயர்ச்சியும் எதிராக இருக்கும் என்ற வரையறைப்படி

$$a = -\frac{g}{l} \cdot AB$$

இங்கு முடுக்கம், A என்ற நிலையான புள்ளியை நோக்கி இருப்பதையும், A-யிலிருந்து அதனுடைய தொலைவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதையும், இடம் பெயர்ந்த தொலைவிற்கு எதிராக இருப்பதையும் அறிகிறோம். எனவே, குண்டு தனியிசை இயக்கம் பெற்றுள்ளது. அதனுடைய அலைவு நேரம்

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\text{ஓர் அலகு தொலைவிற்கு முடுக்கம்}}}$$

$$= \frac{2\pi}{\sqrt{g/l}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

சிறிய அலைவு வீச்சுகளுக்கு அலைவு நேரம் குண்டின் எடையையோ, அலைவு வீச்சையோ பொருத்ததன்று.

மாதிரிக் கணக்கு

நேர்கோட்டின்மீது தனியிசை இயக்கத்திலிருக்கும் பொருள் ஒன்றிற்கு இடப் பெயர்ச்சி 8 அடியாக இருக்கும்பொழுது, திசை வேகம் 6 அடி/விநாடியாகவும், இடப் பெயர்ச்சி 6 அடியாக இருக்கும்பொழுது திசைவேகம் 8 அடி/விநாடியாகவும் உள்ளது. பொருளின் பெரும முடுக்கம் யாது ?

திசைவேகம் $v = w.\sqrt{a^2 - x^2}$

a = அலைவு வீச்சு; x = இடப் பெயர்ச்சி

$$\therefore \; 6 = w.\sqrt{a^2 - 64} \quad (1)$$

$$8 = w.\sqrt{a^2 - 36} \quad (2)$$

$$\frac{a^2 - 64}{a^2 - 36} = \frac{6^2}{8^2}$$

$\therefore a = 10$ அடி

எனவே, (1) லிருந்து $6 = w\sqrt{100 - 64} = 6 \cdot w$

$$\therefore w = 1$$

$$T = \frac{2\pi}{w} = \frac{2\pi}{1}$$

அலைவு வீச்சு 10 அடியாக இருந்தால் முடுக்கம் பெருமமாகும்.

முடுக்கத்தின் மதிப்பு $= a.w^2$

$= 10 \times 1 = 10$ அடி/விநாடி²

இயக்க விதிகள் (Laws of Motion) : இயக்கத்திலிருக்கும் ஒரு பொருள் அமைதி நிலையிலுள்ள மற்றொரு பொருளின் மீது

மோதி அதனை அசைவுறச் செய்யலாம். இரண்டாவது பொருள் அசையும் வேகம் முதல் பொருளின் பொருண்மையையும் வேகத்தையும் பொருத்து மாறுபடும். ஒரு பொருளின் பொருண்மையையும் வேகத்தையும் பெருக்கினல் அந்தப் பொருளின் வேகத் திணிவைப் பெறலாம். இதனை உந்தப்பாடு என்றும் கூறலாம். எனவே, வேருெரு பொருளில் அசைவை உண்டாக்கும் திறமையை வேகத் திணிவு அல்லது உந்தப்பாடு (Momentum) என்கிருேம்.

சீரான வேகத்தில் இயங்கும் பொருளின் உந்தப்பாடு மாறிலியாகவும், வேகம் மாறுபட்டால் உந்தப்பாடு மாறுபட்டும் இருக்கும். ஒரு புறச்செயலி தொழிற்பட்டாலொழியப் பொருளின் வேகம் மாருது. வேகத்தை மாற்றக்கூடிய இந்தப் புறச்செயலியை விசை என்று கூறலாம். இயக்கத்திலிருக்கும் பொருள்களுக்கு நியூட்டனின் மூன்று விதிகள் பொருந்தும்.

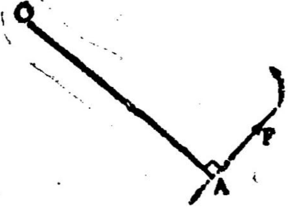
விதி 1: அமைதி நிலையிலோ, நேர்கோட்டின் மீது சீரான இயக்கத்திலோ இருக்கும் எந்தப் பொருளும், புறச்செயலி தொழிற்படாதவரை அதே நிலையிலேயே தொடர்ந்து இருக்கும்.

விதி 2: ஒரு பொருளில் ஏற்படும் உந்தப்பாட்டின் மாறுபாட்டு விகிதம் அந்தப் பொருளின்மேல் தொழிற்படும் விசையின் திசையிலேயே விசைக்கு நேர் வீதத்திலிருக்கும்.

விதி 3: ஒவ்வொரு செயலுக்கும் அதற்குச் சமமான எதிர்ச் செயல் ஒன்று உண்டு.

3. நிலையியல்

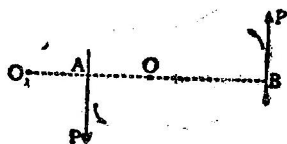
சுழற்சி (Moment) : வளையாத பொருளொன்றின்மீது விசை யொன்று தொழிற்பட்டால் இரண்டுவிதமான விளைவுகள் ஏற்படலாம். பொருளைத் தன் திசையிலேயே இயங்கச் செய்யலாம் அல்லது ஒருநிலையான புள்ளியைப்பற்றி அதனைச் சுழற்றலாம். இத்தகைய சுழற்சி இயக்கத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய விசையின் திறமையை விசையின் சுழற்றுதிறன் (Movement of a force) என்கிறோம். இதனை விசையின் எண்மதிப்பு, அந்தப் புள்ளியிலிருந்து விசையின் திசைக்கு இடையேயுள்ள நேர்குத்துத் தொலைவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனால் அறியலாம். படத்திலுள்ளபடி F என்ற விசையின் O என்ற புள்ளியைப் பற்றி சுழற்றுதிறனை $F \times OA$ என்பதால் அறியலாம். இங்கு F என்ற விசை, பொருளை O என்ற புள்ளியைப் பற்றி இடஞ்சுழி முறையில் திருப்ப விழையும். வழக்கத்தில் இடஞ்சுழி முறையை நேர்க்குறியெனவும், வலஞ்சுழி முறையை எதிர்க்குறியெனவும் எடுத்துக்கொள்வோம்.



படம் 14

இரட்டை (Couple) : எதிர்போக்குடைய இரண்டு சமமான இணைவிசைகள் வெவ்வேறு புள்ளியில் தொழிற்பட்டால் அவ் விசைகளின் அமைப்பை இரட்டை என்கிறோம். விசைப்பிணையின் சுழற்றுதிறனை, ஏதாவது ஒரு விசையின் எண்மதிப்பு, இரண்டு விசைகளுக்கும் இடையேயுள்ள நேர்குத்துத் தொலைவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனால் அறியலாம். ஒரு பொருளின் மீது தொழிற்படும் எதிர் போக்குடைய P என்ற இரு இணைவிசைகளை எடுத்துக்கொள்வோம். இரண்டு விசைகளின் தொழிற்படு கோட்டிற்கு நேர்குத்தாக வரையப்படும் கோடு, அவ்விசைகளை A, B என்ற புள்ளிகளில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். AB-யில் O என்பது ஏதாவது ஒரு புள்ளியாக இருக்கட்டும். A-யின் வழியாகச்

செல்லும் விசைக்கு O-வைப் பற்றிய சுழற்றுதிறன் $P \times AO$ ஆகவும், இது இடஞ்சுழியாகவும் இருக்கும். B-யின் வழியாகச் செல்லும் விசைக்கு O-வைப்பற்றிய சுழற்றுதிறன் $P \times BO$ ஆகவும் இடஞ்சுழியாகவும் இருக்கும். இரண்டு விசைகளின் சுழற்றுதிறன் அதே திசையிலேயே இருக்கும். எனவே, O-வைப்பற்றிய மொத்தச் சுழற்றுதிறன்



படம் 15

$$= P \cdot AO + P \cdot BO = P(AO + OB)$$
$$= P \cdot (AB)$$

O_1 என்ற புள்ளி AB என்ற கோட்டிற்கு வெளிப்புறத்தில் இருந்தால் O_1-ஐப்பற்றிய சுழற்றுதிறன்

$$= P \cdot BO_1 - P \cdot AO_1$$
$$= P(BO_1 - AO_1)$$
$$= P \cdot AB$$

பொருளைச் சுழற்றுவதே இரட்டையின் விளைவாகும்.

ஒரே தளத்தில் தொழிற்படும் பல்வேறு இணைவிசைகளின் சமநிலை

பொருள் சமநிலையிலிருக்க நிபந்தனைகள் : பல்வேறு இணை விசைகள் ஒரு வளையாத பொருள்மீது தொழிற்பட்டால், பொருள் சமநிலையிலிருக்க, பொருளுக்குத் திசை இயக்கமோ அல்லது சுழற்று இயக்கமோ இல்லாமலிருக்க வேண்டும். பொருளுக்குத் திசை இயக்கம் இல்லாமலிருக்க விசைகளின் தொகுபயன் சுழியாக வேண்டும். அதாவது ஒரு திசையில் தொழிற்படும் விசைகளின் கூட்டுத் தொகையும் (நேர்க்குறியாகக் கொண்டால்) எதிர்த் திசையில் தொழிற்படும் விசைகளின் கூட்டுத் தொகையும் (எதிர்க் குறியாகக் கொள்ளவேண்டும்) சமமாக இருக்கவேண்டும். அதாவது விசைகளின் குறிபியல் கூட்டுத் தொகை அல்லது கூட்டுப் பயன் சுழியாக வேண்டும். பொருளுக்குச் சுழற்று இயக்கம் இல்லாதிருக்க ஏதாவது ஒரு புள்ளியைப்பற்றிய விசைகளின் வலஞ்சுழி சுழற்று விளைவுகளின் கூட்டுத் தொகை அதே புள்ளியைப் பற்றிய இடஞ்சுழி சுழற்று விளைவுகளுக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். அதாவது பல்வேறு விசைகளுக்கும் தளத்தில் ஏதாவது ஒரு புள்ளியைப் பற்றிக் கணக்கிடப்படும் சுழற்றுதிறனின் குறியியல் கூட்டுத் தொகை சுழியாக வேண்டும்.

சாதாரணத் தராசு (Common Balance)

தராசு என்பது ஆதாரத் தானம் எனப்படும் தூலத்தின் ஒரு மையப் புள்ளியைப் பற்றித் திரும்பக்கூடிய ஒரு முதலாவது வகை

நெம்புகோலாகும். குறைவற்ற நல்ல தராசு கீழ்க்கண்ட குணங்களைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். அக் குணங்களைத் 'தராசின் தேவைகள்' எனலாம். அக்குணங்களாவன: (1) மெய்மை, (2) உணர்நுட்பம், (3) நிலைப்பாடு.

தராசின் இரு தட்டுகளிலும் சம எடை இருக்கும்போதோ அல்லது எடை இரா நிலையில் இருக்கும்போதோ தராசின் தூலம் கிடைமட்டமாக இருப்பின், அந்தத் தராசு மெய்யுணர்வு உள்ளதாகக் கருதப்படும். தராசுத் தட்டுகளின் எடை S_1, S_2 ஆகவும், ஆதாரத் தானத்திலிருந்து புயங்களின் தூரம் a, b ஆகவும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். எடை இரா நிலையில் தூலம் கிடைமட்டமாக இருப்பதால்,

$$S_1 \times a = S_2 \times b$$

ஒவ்வொரு தட்டிலும் W என்ற சம எடை வைத்த பின்பும் தூலம் கிடைமட்டமாக இருப்பதால்,

$$(W + S_1)\, a = (W + S_2)\, b$$

அதாவது, $Wa + S_1 a = Wb + S_2 b$

ஆனால், $S_1 a = S_2 b$

எனவே, $Wa = Wb$

அல்லது $a = b$

மேலும் $S_1\, a = S_2\, b$. எனவே $S_1 = S_2$

எனவே, தராசு மெய்யுணர்வு கொண்டதாக இருப்பதற்கு: (1) தட்டுகளின் எடை சமமாக இருக்கவேண்டும். (2) புயங்களின் நீளம் சமமாக இருக்கவேண்டும். தட்டிலுள்ள எடைகளில் சிறிதளவு வேறுபாடு இருந்து, அதனால் குறிமுள் கணக்கிடத்தக்க அளவிற்கு விலகினால், அந்தத் தராசிற்கு நுட்பம் உண்டு எனலாம்.

படம் 16

படம் 16-ல் AB தராசின் தூலத்தையும், F ஆதாரத் தானத்தையும் குறிக்கட்டும். தூலம், குறிமுள் ஆகியவற்றின் எடை F-ற்குக் கீழேயுள்ள அவற்றின் புவியீர்ப்பு மையத்தில் தொழிற்படட்டும். தராசின் புயங்கள் சமநீளமுடையனவாகவும் Q என்ற மதிப்புடையனவாகவும் இருக்கட்டும். தூலத்தின் A, B என்ற இருமுனைகளில் தொழிற்படும் எடைகள் P, Q ஆகட்டும். P, Q-வை விட அதிகமாக இருந்தால் தூலம் θ என்ற கோணம் விலகி, அதனால் புவியீர்ப்பு மையம் G-க்கு உயரும் நிலையை அடைகிறது. A, B-யிலிருந்து F வழியாகச் செல்லும் கிடைமட்டக் கோட்டிற்கு வரையப்படும் நேர்குத்துக் கோடுகளின் அடித்தளப் புள்ளிகள் L, M என்று கொண்டு, F-ஐப் பற்றிச் சுழற்றுதிறன் கண்டால்,

$$P \times FL = Q \times FM + W \times GN$$
$$P \times a\cos\theta = Q \times a\cos\theta + W \times h\sin\theta$$
$$(P-Q)\, a\cos\theta = W \times h\sin\theta$$
$$\tan\theta = \frac{(P-Q)\,a}{W \times h}$$

$(P-Q)$வை மாறிலியாகவும், தட்டிலுள்ள எடைகளின் மிகச் சிறிய வேறுபாடு எனவும் கொள்வோம். எனவே, $\tan\theta$ அதிகமாக இருக்கவேண்டுமானால், a அதிகமாகவும் W-வும் h-ம் குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும். எனவே, உணர் நுட்பத்தை அதிகரிக்கப் புயங்களின் நீளத்தை அதிகரிக்க வேண்டும்; தூலத்தின் எடையைக் குறைக்க வேண்டும்; தூலத்தை, அதனுடைய புவியீர்ப்பு மையத்திற்கு எவ்வளவு அருகில் நிறுத்த முடியுமோ, அவ்வளவு அருகில் நிறுத்த வேண்டும். தூலத்தின் எடையைக் குறைப்பதற்குத் தூலம் சிறு சிறு துளைகள் உள்ளதாகவோ அல்லது உள்ளீடற்றதாகவோ இருக்கும்படி அமைக்கலாம்.

இரண்டு தட்டுகளிலும் சம எடை இருக்கும்போது தராசு நடுநிலைமைக்கு விரைவில் வந்துவிட்டால், அத் தராசிற்கு நிலைப்புத் தன்மை உண்டென்று கூறலாம். W என்ற விசையின் சுழற்றுதிறன் $W \times GN$ என்பது எவ்வளவு அதிகமாக இருக்க முடியுமோ அவ்வளவு அதிகமாக இருந்தால், தராசு வெகு விரைவில் நடுநிலைமைக்கு வரும். இதனைத் தூலம், குறிமுள் இவற்றின் புவியீர்ப்பு மையம் ஆதாரத் தானத்திலிருந்து அதிகத் தொலைவு கீழே இருக்கும்படி அமைத்தால் பெறலாம். எனவே, உணர் நுட்பத்திற்கு h குறைவாகவும் நிலைப்பாட்டிற்கு h அதிகமாகவும் இருக்கவேண்டும். எனவே, ஒரே தராசில் இந்த இரண்டு குணங்களும் அமையும்படி இருக்க முடியாது. எனவே, உணர்நுட்பமும் நிலைப்பாடும் ஒன்றுக்கொன்று தனித்து நிற்பவை.

சோதனைக்கூடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் தராசுகளில் உணர்நுட்பமும், வியாபாரிகள் பயன்படுத்தும் தராசுகளில் நிலைப் பாடும் இருக்கவேண்டும்.

பொய்த் தராசின் மூலம் எடை காணல்: புயங்களின் நீளம் சமமாக இல்லாமலோ, தட்டுகளின் எடை சமமாக இல்லாமலோ இருக்கும் தராசைப் பொய்த் தராசு எனலாம். இப்படிப்பட்ட தராசைக் கொண்டு கீழ்க்கண்ட முறைகளில் பொருளின் சரியான எடையைக் காணலாம்:

1. இரட்டை எடையளவு முறை (போர்டாவின் முறை—Borda's Method): எடை காணவேண்டிய பொருளைத் தராசின் ஒரு தட்டில் வைத்து, மறுதட்டில் தேவையான அளவு மணலை வைத்துத் தராசைச் சமன்செய்தல் வேண்டும். பின் தட்டிலிருந்து பொருளை எடுத்துவிட்டு எடைப் பெட்டியிலிருந்து எடைகளைப் போட வேண்டும். அடுத்த தட்டில் உள்ள மணலுக்குச் சமமான எடையைப் போட்டுத் தராசைச் சமன் செய்தல் வேண்டும். எனவே, இந்த எடையே பொருளின் எடைக்குச் சமமாகும்.

கவுஸ் முறை (Gauss Method): தராசின் புயங்களின் நீளம் a, b எனக் கொள்வோம். பொருளை இடப்புறத்தட்டில் வைத்து, W_1 என்ற எடையை வலப்புறத் தட்டில் வைத்துச் சமன் செய்தல் வேண்டும். பொருளின் எடை W என்றால், சுழற்றுதிறன் விதியின்படி,

$$W \times a = W_1 \times b \qquad (1)$$

இதற்குப்பின் பொருளை வலப்புறத் தட்டிலும், W_2 என்ற எடையை இடப்புறத்தட்டிலும் வைத்துச் சமன்செய்யவேண்டும்.

எனவே, $W_2 \times a = W \times b \qquad (2)$

$$\therefore \quad W^2 ab = W_1 W_2 ab$$

அல்லது $W^2 = W_1 W_2$

பொருளின் சரியான எடை $W = \sqrt{W_1 W_2}$

புயங்களின் நீளத்திற்கு இடையேயுள்ள தகவு என்ன என்றும் காணலாம்.

மேலே வருவித்த சமன்பாடுகளிலிருந்து,

$$W W_2 a^2 = W W_1 b^2$$

$$\therefore \quad \frac{a^2}{b^2} = \frac{W_1}{W_2}$$

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{W_1}{W_2}}$$

உராய்வு (Friction) : ஒரு பொருள் மற்றொன்றின்மீது நழுவிக் கொண்டு செல்லும்பொழுது அதனுடைய இயக்கத்தைத் தடை செய்யும் விசையை உராய்வு என்கிறோம். உராய்வு விசை எப்பொழுதும் பொருளின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் திசையிலேயே தொழிற்படும். உராய்வு, தானே சரிசெய்து கொள்ளும் அமைப்புடைய விசையாகும். அன்றாட வாழ்வில் உராய்வு ஒரு முக்கியமான பாங்கினைப் பெறுகிறது. நமது கால்களுக்கும் தரைக்குமோ அல்லது மிதியடிகளுக்கும் தரைக்குமோ இடையிலே ஓர் உராய்வு விசை இல்லையெனில், நம்மால் நடக்க முடியாது. இதேபோல் ஏணிக்கும் தரைக்கும் இடையே உராய்வு இல்லையெனில், ஏணி நிலைத்து நிற்காது. ஆணிகள், திருகாணிகள் இவற்றில் உராய்வு இல்லையெனில், மரக்கட்டையில் அவைகள் நிலைத்து நிற்கா.

உராய்வின் விதிகள்: 1. ஒன்றின்மேல் ஒன்றாய் இருக்கும் இரு பொருள்கள் சமநிலையில் இருக்கும்போது, அவைகளுக்கு இடையேயுள்ள உராய்வு அப் பொருள்கள் ஒன்றின் மீது ஒன்று நழுவுவதைத் தடுக்க வேண்டிய அளவுள்ள நிலையில் இருக்கும். பொருள் நழுவக்கூடிய நிலையில் இருப்பின், அதனுடைய சமநிலை எல்லைச் சமநிலையாயிருக்கும். எனவே, அப்பொழுது ஏற்படும் உராய்வு 'உராய்வு வரம்பு' (உச்ச உராய்வு) எனப்படும்.

2. பொருள் ஒன்று எந்தத் திசையில் இயங்க விழைகிறதோ அந்தத் திசைக்கு எதிர்த்திசையிலேயே உராய்வு தொழிற்படும்.

3. செங்குத்து எதிர்விசை மாறுமலிருக்கும்வரை உராய்வு வரம்பு, சேர்ந்திருக்கின்ற பரப்புகளின் பரப்பளவையோ அல்லது உருவத்தையோ பொருத்தது அன்று.

4. உராய்வு வரம்பிற்கும் செங்குத்து எதிர்விசைக்கும் இடையேயுள்ள தகவு, உராய்வின் குணகம் எனப்படும்.

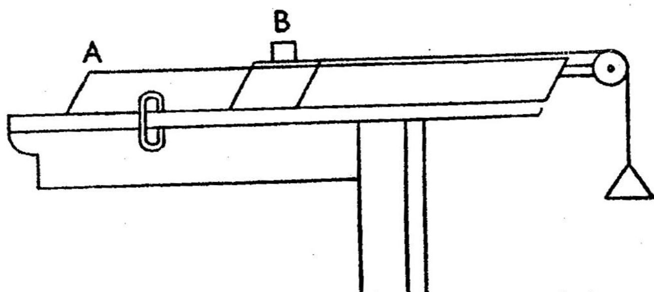
உராய்வின் குணகம் $\mu = \frac{F}{R}$. இங்கு F என்பது உராய்வு வரம்பையும், R என்பது செங்குத்து எதிர்விசையையும் குறிக்கும். எனவே,

$$F = \mu R$$

5. பொருள் இயக்கத்திலிருக்கும்போது உராய்வு விசை இந்த இயக்கத்தை எதிர்க்கும். இப்போது உள்ள உராய்வு பொருளின் திசைவேகத்தைப் பொருத்தது அன்று. இதன் மதிப்பு உராய்வு வரம்பிற்குச் சிறிது குறைவாக இருக்கும்.

உராய்வு குணகத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு மழமழப்பான மரப் பலகையை யெடுத்து அது கிடையாக இருக்குமாறு ஒரு இறுக்கியால் பிடித்துக் கொள்ளவும். இன்னொரு



படம் 17

சிறிய மரத் துண்டை யெடுத்து அதை மழமழப்பாக்கிக் கொள்ள வேண்டும். இதனுடன் ஓர் இலேசான இழையைத் தொடுத்து அவ்விழையை பெரிய மரப் பலகைத் துண்டோடு நிலைப்படுத்திய ஓர் இலேசான கப்பிக்கு மேலாகச் செலுத்தி இழையின் மற்றொரு முனையில் ஒரு தராசுத் தட்டை இணைக்கவும்.

சிறிய வழுக்குத் துண்டின் மீது ஒரு தெரிந்த எடையை வைத்து அவ்வழுக்குத் துண்டு இயங்கத் தொடங்குவதற்கு வேண்டிய எடையைத் தராசுத் தட்டில் இட்டு வழுக்குத் துண்டு இயங்கத் தொடங்கும் நிலையில் இருக்குமாறு செய்யவும். சிறிய வழுக்குத் துண்டின் எடையும் அதன் மேல் வைக்கப்பட்ட எடையும் சேர்ந்து W எனக் கொள்ளவும். இழையின் இழுவிசை W_1 எனக் கொண்டால் W_1-ன் மதிப்பு தராசுத் தட்டின் எடையும் தராசுத் தட்டில் போட்ட எடையுமாகும்.

வழுக்குத் துண்டின் சம நிலையிலிருந்து நாம் பெறுவது

$$\mu W = W_1$$

எனவே $\mu = \dfrac{W_1}{W}$

இதிலிருந்து உராய்வு குணகத்தைக் கண்டு பிடிக்கலாம். W-க்கும் W_1-க்கும் குறைந்தது மூன்று மதிப்புகளைக் கண்டு பிடித்து, μ-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

நிர்	W-ன் மதிப்பு	W_1-ன் மதிப்பு	$\mu = \frac{W_1}{W}$
1			
2			
3			

உராய்வு குணகத்தைக் கண்டுபிடித்தல் :

ஒரு பொருள் மற்றொன்றின் மீது உருண்டோடும் பொழுது ஏற்படுகின்ற உராய்வை உருள் உராய்வு என்று கூறலாம். இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையேயுள்ள உருள் உராய்வு நழுவு உராய்வைவிட மிகக் குறைவாக இருக்கும்.

இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையேயுள்ள உராய்வினை, ஒப்பு இயக்கமுடைய பகுதிகளுக்கு இடையே வாஸலைன், கிரீஸ், எண்ணெய் போன்ற உராய்வுக் காப்புப் பொருள்களின் (மசகு பொருள்கள்) மூலம் வியக்கத்தக்க துறையில் குறைக்கலாம்.

ஒரு கம்பிச் சுருளில் அல்லது ஒரு ரப்பர் துண்டில் ஒரு விசையைத் தொழிற்படச் செய்வதால் உண்டாகும் நீட்சி (elongation) அதை உண்டாக்கும் விசையின் அளவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். இதுவே ஹூக்கின் (Hooke's) விதியாகும்.

மீள் திறன் (Elasticity): ஒரு பொருளின் மீது தொழிற்படும் வடிவழிவு விசைகளை (Deforming forces) நீக்கியவுடன், பொருள் தனது பழைய வடிவ உருவமைப்பிற்குத் திரும்பும் தனித்திறமையை அப் பொருளின் மீள்திறன் என்கிறோம். ஓர் அலகு பரப்பளவின்மீது தொழிற்படும் விசையைத் தகவு எனவும், அதனுடைய வடிவத்திலோ உருவ அளவுகளிலோ ஏற்படும் மாற்றத்தை விகாரம் எனவும் கொள்ளலாம். மீளும் தன்மையுடைய பொருளென்றால், பொருளின் மேல் தொழிற்படும் தகவு மீட்சி எல்லைக்குள் இருக்கும்பொழுது, பொருள் அதனுடைய பழைய நிலைக்கு முழுவதுமாகத் திரும்பிவிடும். இந்த

மீட்சி எல்லைக்கு மேற்பட்ட எடை இருக்கும்பொழுது, பொருள் தனது பழைய நிலைக்குத் திரும்பாது. இப்பொழுது பொருளுக்கு ஒரு 'நிலைத்த திரிபு' ஏற்பட்டுள்ளது எனலாம்.

ஓரலகு பரப்பளவின் மீது தொழிற்படும் விசையைத் தகவு எனவும், பழைய உருவ அளவிற்கும் மாற்றமடைந்த உருவ அளவிற்கும் இடையேயுள்ள தகவைத் திரிபு எனவும் வரையறுக்கலாம். தகவு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக இருப்பின் அதை அழுத்தம் எனவும், பரப்பிற்கு இணையாக இருப்பின் அதை வெட்டுத் தொடுவிசையின் தகவு (Shearing stress) எனவும் கூறலாம். ஹூக்கின் விதிப்படி, மீட்சி எல்லைக்குள் தகவு, திரிபிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். தகவிற்கும் திரிபிற்கும் இடையேயுள்ள தகவு, மீட்சிக் குணகம் எனப்படும்.

கம்பி ஒன்றில் நீட்டவாக்கில் விசை இருந்தால் அக்கம்பி நீட்சியடைகிறது. ஓர் அலகு பரப்பளவில் தொழிற்படும் விசை தகவாகும். ஓர் அலகு நீளத்தில் ஏற்படும் நீட்சியோ அல்லது நீளத்தின் அதிகரிப்பிற்கும் தொடக்க நீளத்திற்கும் இடையே யுள்ள தகவோ விகாரம் எனப்படும். தகவிற்கும் விகாரத் திற்கும் இடையேயுள்ள தகவு யங் குணகம் எனப்படும். இது q என்னும் எழுத்தால் குறிக்கப்படும். எனவே, நீட்டவாக்கில் F என்ற விசை a என்ற குறுக்குவெட்டுப் பரப்பளவுள்ள கம்பி யொன்றில் தொழிற்பட்டு, அதனுடைய l என்ற தொடக்க நீளத் தில் e என்ற நீட்சியை உண்டாக்கினால்,

$$q = \frac{\text{தகவு}}{\text{திரிபு}} = \frac{F}{a} \Big/ \frac{e}{l} = \frac{F \times l}{a \times e} = \frac{Mgl}{a\,e} = \frac{gl}{q}\left(\frac{M}{e}\right)$$

நீட்டவாக்கில் இழுக்கக்கூடிய விசை, திடப்பொருள்களில் தான் இருக்குமாதலால், திடப்பொருள்கள் மட்டுமே யங் குணகம் பெற்றிருக்கும்.

ஒரு பொருளுக்கு எல்லாப் புள்ளிகளிலும் சமமாக அழுத்தம் கிடைக்குமானால், அப் பொருளின் கன அளவு சுருக்கமடையும். மாற்றம் ஏற்பட்ட கன அளவிற்கும் தொடக்க கன அளவிற்கும் இடையேயுள்ள தகவு கன அளவு விகாரம் எனப்படும். இந்தச் சூழ்நிலையில் தகவிற்கும் விகாரத்திற்கும் இடையேயுள்ள தகவு கனநிலைக் குணகம் எனப்படும். இதனை k என்ற எழுத்தால் குறிக்கலாம்.

V என்ற கன அளவுள்ள பொருளின் கன அளவு சீரான p என்ற அழுத்தத்தில் v அளவு மாறினால், $k = \frac{p}{v/V} = \frac{pV}{v}$.

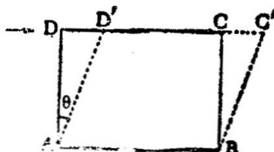
இதனை வகையீட்டுக் குணகமாக (Infinitesimal) எழுதினால்,

$$h = dp \div \frac{dv}{v} = \frac{vdp}{dv}$$

dp, dv என்பன, p, v-யில் ஏற்படும் சிறு மாறுதல்கள்.

திட, திரவ, வாயுப்பொருள்கள் அமுக்கக்கூடிய ஒரு விசையை எதிர்க்கும் திறன் பெற்றிருப்பதால், இவைகளுக்குக் கன்நிலைக் குணகம் காணலாம்.

செவ்வகத்தின் DC என்ற ஒரு பக்கத்தில் தொடுகோட்டின் திசையில் ஒருவிசை தொழிற்பட்டு, AB என்ற விசையின் திசைக்கு இணையான பக்கம் நிலையாக இருந்தால், இந்த விசை செவ்வகத்தின் உருவத்தில் ஒரு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இப்பொழுது AD என்ற பக்கம் θ என்ற கோணம் சாய்ந்துவிடும். இந்தக் கோணத்தைச் சறுக்கு பெயர்க் கோணம் (Angle of shear) எனலாம். தகவிற்கும் விகாரத்திற்கும் இடையேயுள்ள தகவு விறைப்புக் குணகம் எனப்படும். இது n என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படும்.



படம் 18

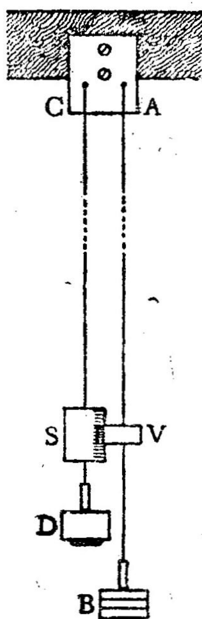
எனவே, T என்ற தொடுகோட்டுத் திசைத் தகவு θ என்ற சறுக்குப் பெயர்க் கோணத்தை அமைத்தால்,

$$n = \frac{\text{தொடுகோட்டுத் திசைத் தகவு}}{\text{சறுக்குப் பெயர்க் கோணம்}} = \frac{T}{\theta}$$

திடப்பொருள்கள் மட்டுமே வெட்டுத் தொடு விசையின் தகவை (Shearing stress) ஏற்க முடியுமாதலால், விறைப்புக் குணகம் திடப்பொருள்களுக்கு மட்டுமே உண்டு.

நீட்சி முறையில் ஒரு கம்பியின் யங் குணகம் காணல் (சியால் முறை — Searle's Method)

உயரத்திலுள்ள நிலையான தாங்கிகளிலிருந்து AB, CD என்ற இரு கம்பிகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. CD என்ற கம்பியில் ஒரு கனமான எடை தொங்கவிடப்பட்டு, கம்பி நேராக இருக்கும்படி செய்யப்பட்டுள்ளது. AB என்ற சோதனைக்குரிய



படம் 19

கம்பியின் முனையில் எடைகளை ஏற்றுவதற்கு வசதியாக எடைதாங்கி ஒன்று உள்ளது. *CD* என்ற கம்பியில் பொருத்தப்பட்ட *S* என்ற மூலக்கோலின் மேல் நகரும்படி *AB* என்ற கம்பியில் *V* என்ற வெர்னியர் கோல் உள்ளது. இரண்டு கோல்களிலும் உள்ள அளவீடுகளைக் குறிக்க வேண்டும். எடைதாங்கியில் படிப்படியாக எடைகளை ஏற்றி, ஒவ்வொரு முறையும் வெர்னியரின் அளவுகளைக் குறிக்க வேண்டும். 5 கிலோ கிராம் வரை எடை ஏற்றியவுடன் படிப்படியாக எடைகளை எடுத்து, ஒவ்வொரு முறையும் இந்த அளவுகளைக் குறிக்க வேண்டும். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்தி, வெவ்வேறு எடைகளுக்கான சராசரி வெர்னியரின் அளவுகளைக் காணவேண்டும். இதிலிருந்து குறிப்பிட்ட ஓர் எடைக்கு ஏற்பட்ட நீட்சியைக் காணவேண்டும். சோதனைக்குரிய கம்பியின் நீளத்தைத் தொங்கு தானத்திலிருந்து வெர்னியரின் சுழி அளவு வரை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். திருகுமானியின் மூலம் அதனுடைய சராசரி விட்டத்தைக் காணவேண்டும்.

ஒன்றுக்கொன்று ஒத்திருக்கின்ற அளவுகள் கிடைப்பதற்குக் கம்பியில் அளவீடுகளைப் பதிவு செய்வதற்கு முன், பல முறை எடையை ஏற்றியும் இறக்கியும் கம்பியை ஒரு நிலைக்குக் கொண்டு வர வேண்டும்.

எண்	எடை	வெர்னியரின் அளவு			1·5 கி.கி. எடைக்கு நீட்சி
		எடையை ஏற்றும்பொழுது	எடையை இறக்கும்பொழுது	சராசரி	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

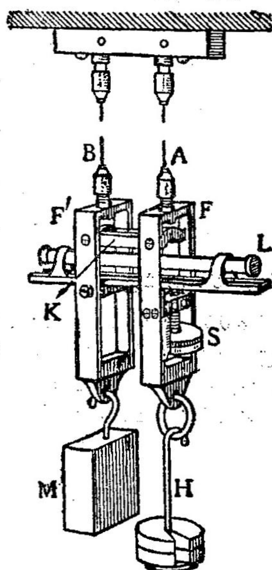
எடையை X-ஆயத்திலும், நீட்சியை Y-ஆயத்திலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால், வரைபடம் ஒரு நேர்கோடாக இருப்பதைக் காணலாம். எனவே, நீட்சி எடைக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது என்று அறியலாம். வரைபடத்திலிருந்து ஓரலகு நீட்சிக்குத் தேவையான எடையைக் காணலாம்.

$$\text{யங் குணகம் } q = \frac{F/a}{e/l} = \frac{Mg}{\pi r^2} \div \frac{e}{l}$$

e என்பது நீட்சியையும், M என்பது எடையையும் (கிராமில்) குறிக்கும்.

$$\therefore \quad q = \frac{Mgl}{\pi r^2 e} = \frac{gl}{\pi r^2}\left(\frac{M}{e}\right) \text{ டைன் ச.செ.மீ.}$$

சியர்லின் கருவி: ஒரு கம்பியின் யங் குணகம் காண்பதற்குப் பொதுவாக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் கருவியொன்றைப் படம் 20-ல் காணலாம். A என்ற சோதனைக்குரிய கம்பியும் அதே உலோகத்தில் ஆன B என்ற மற்றொரு கம்பியும், ஒரே தாங்கியில் இறுக்கமாய்ப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு முனை F-ல் உள்ள ஒரு பீடத்தின் மேலும் மறுமுனை S என்ற நுண்ணிய திருகின் முனையின் மேலும் இருக்குமாறு L என்ற நுட்பமான ரசமட்டம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சட்டங்களின் கீழ்முனைகளிலிருந்து M என்ற கனமான எடையும் H என்ற எடை தாங்கியும் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன.



படம் 20

தொடக்கத்தில் கம்பி விறைப்பாக இருக்குமாறு போதுமான எடைகள் எடைதாங்கியில் வைக்கப்பட வேண்டும். திருகைத் திருகி, ரசமட்டத்தின் குமிழ் அதில் குறிக்கப்பட்ட அளவுகோலின் மையத்தில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். எடைதாங்கியில் இப்பொழுது இருக்கும் எடையைத் தொடக்க எடை (Dead Load) எனக் கொள்ளவேண்டும். புரிஇடைக்கோல், தலைக்கோல் இவைகளின் அளவுகளிலிருந்து பதிவு

செய்த அளவினைக் காண வேண்டும். இதனைத் தொடக்க அளவீடு (Zero Reading) எனக் கொள்ள வேண்டும். எடைதாங்கியில் 0·2 கி.கி. எடையை வைக்கவேண்டும். A என்ற கம்பி நீட்சிபடைவதால் குமிழ் தொடக்க நிலையிலிருந்து மாறுபட்டிருக்கும். திருகைத் திருகிக் குமிழ் மறுபடியும் ரசமட்டத்தின் மையப்பகுதிக்கு வருமாறு செய்யவேண்டும். இப்பொழுது அளவுகோல்களிலிருந்து அளவுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். திருகை எவ்வளவு தொலைவு திருகினோமோ அதுவே A என்ற கம்பி நீட்சியடைந்த தொலைவைக் கொடுக்கும். வெவ்வேறு எடைகளுக்கு அவைகளுக்குரிய அளவுகளைக் குறிக்க வேண்டும். எடைகளைப் படிப்படியாக ஏற்றும்பொழுதும், இறக்கும்பொழுதும் அளவுகளைக் காண வேண்டும். முன்பு கூறிய சோதனையில் பயன்படுத்திய அட்டவணையையும் சமன்பாட்டையும் இதற்குப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

மாதிரிக் கணக்கு

385 செ.மீ. நீளமும் 0.32 மி.மீ. விட்டமும் கொண்ட கம்பியொன்று 660 கிராம் எடை மதிப்புள்ள விசையொன்றினால் 2 மி.மீ. தூரம் நீட்சியடைகிறது. கம்பி செய்யப்பட்ட உலோகத்தின் யங் குணகத்தைக் கணக்கிடுக.

$$q = \frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}} = \frac{660 \times 980}{\pi \times (0.016)} \div \frac{0.2}{385}$$

$$= \frac{660 \times 980}{\pi \times 0.016 \times 0.016} \times \frac{385}{0.2}$$

$$= 1.552 \times 10^{12}$$

$$= 15.52 \times 10^{11} \text{ டைன்கள்/ச. செ.மீ.}$$

பயிற்சிக் கணக்கு

400 செ.மீ. நீளமும். 2 மி.மீ. விட்டமும் கொண்ட இரும்புக் கம்பியொன்றில் 4 கி.கிராம் எடையைத் தொங்கவிடும்போது ஏற்படும் நீட்சியைக் கணக்கிடு. இரும்பின் யங் குணம் $= 20 \times 10^{11}$ டைன் ச. செ.மீ. (0.25 மி.மீ.)

4. நிலைத்திரவவியல்
(Hydrostatics)

மிதத்தல் விதிகள் (Laws of Floatation)

அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும் ஒரு பொருள் சமநிலையில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்பொருளின்மீது தொழிற்படும் விசைகளாவன:

1. அதனுடைய புவியீர்ப்பு மையத்தின் வழியே செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கித் தொழிற்படும் அப்பொருளின் எடை.

2. மிதப்பு மையத்தின் வழியே செங்குத்தாகத் தொழிற்படும் மேல் நோக்கு அமுக்கத்தின் தொகுபயன். இது பொருளினால் இடம் பெயர்ந்த திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாக இருக்கும். பக்கவாட்டில் தொழிற்படும் விசைகள் சரியீடு செய்து கொள்கின்றன. எனவே, மிதக்கும் பொருளொன்று சமநிலையிலிருக்க, (1) இடம் பெயர்ந்த திரவத்தின் எடை மிதவையின் எடைக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். (2) பொருளின் புவியீர்ப்பு மையமும் மிதப்பு மையமும் (இடம் பெயர்ந்த திரவத்தின் புவியீர்ப்பு மையமும்) ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் இருக்க வேண்டும். d என்ற அடர்த்தியுள்ள திரவத்தில் மிதக்கும் மிதவையொன்றின் எடை W எனவும், திரவத்தில் அமிழ்ந்துள்ள பகுதியின் கன அளவு V எனவும் கொண்டால்,

$$W = V \times d$$

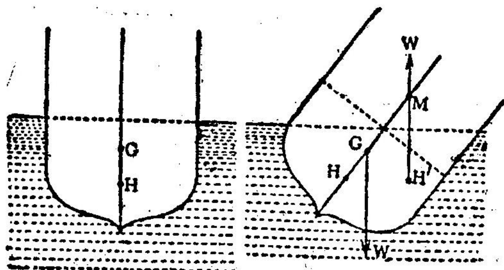
$$\therefore V = \frac{W}{d}.$$

ஒரு பொருளின் ஒரு பகுதி ஒரு திரவத்தில் மூழ்கியும் மற்றப் பகுதி வேறொரு திரவத்தில் மூழ்கியும் இருக்குமாறு மிதந்தால், அப்பொருளின் எடை, இடம் பெயர்ந்த திரவங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

நடுநிலைமையின் உறுதி நிலை (Stability of Equilibrium)

ஒரு பொருள் திரவத்தினுள் தானாகவே மிதக்கும்பொழுது அது சமநிலையில் இருந்தால், புவியீர்ப்பு மையம் G-யும் மிதப்பு

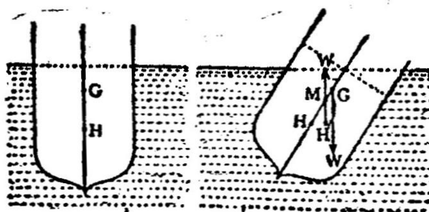
மையம் H-ம் ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் இருக்கும் [படம் 21]. பொருளைப் படத்திலுள்ளபடி வலப்புறமாகச் சிறிது சாய்ப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். பொருளின் எடை மாருமல் இருப்பதால், இடம் பெயர்ந்த திரவத்தின் எடை மாருமல்



படம் 21

இருக்கும். ஆனல், மிதப்பு மையம் H என்ற இடத்திற்கு இடம் பெயர்ந்திருக்கும். H-லிருந்து செங்குத்துக் கோடு வரைந்தால் அக்கோடு HG-யை M என்ற இடத்தில் சந்திக்கும். M மிதவைக் காப்பு மையம் (Metacentre) என்றும், MG மிதவைக் காப்பு உயரம் (Metacentric height) என்றும் அழைக்கப்படும். மிதவையின் எடை (W), G என்ற புள்ளியில் செங்குத்தாகக்கீழ் நோக்கித் தொழிற்படும். W-விற்குச் சமமான மேல்நோக்கிய அமுக்கம் H என்ற புள்ளியில் செங்குத்தாக மேல்நோக்கித் தொழிற்படும். இந்த இரண்டு விசைகளும் மிதவையைத் தொடக்க நிலைக்குத் திருப்பும் திறன் வாய்ந்த விசைப்பிணை ஒன்றை ஏற்படுத்தும். இந்த வகையில் பொருள் உறுதிச் சம நிலையில் உள்ளது எனலாம்.

படம் 22-ல் M என்ற புள்ளி H-க்கும் G-க்கும் இடையில் உள்ளது. இங்குத் தொழிற்படும் விசைப்பிணை இடஞ்சுழியாதலால் அது பொருளை மேலும் மேலும் சாய்க்கும் திறனைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, இங்குப் பொருள் உறுதியிலாச் சமநிலையில் உள்ளது. ஆகையால், உறுதிச் சமநிலைக்கு நிபந்தனை $HM > HG$. ஆனல், $HM > HG$ என்றிருந்தால் சமநிலை உறுதியில்லாததாகும். பொதுவாக நடுநிலை உறுதியாயிருக்கக் கப்பல்களில் அடிப்பாகத்திலேயே எடைகள் ஏற்றப்படுகின்றன. இதனல் கப்பலின் புவியீர்ப்பு மையம் தாழ்ந்து HG-யின் மதிப்புக் குறைகிறது.



படம்:22

ஒரு கப்பலில் கொண்டுசெல்லக்கூடிய சரக்குகளின் பெரும் எடையை (டன்னில் அளவிட வேண்டும்) அக்கப்பலின் பார அளவு (tonnage) எனலாம். இந்த அளவு, கப்பல் பாதுகாப்பான ஆழம் வரை எடை ஏற்றும்பொழுது இடப்பெயர்ச்சி செய்யும் நீரின் எடைக்கும், எடை இரா நிலையில் இடப்பெயர்ச்சி செய்யும் நீரின் எடைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். ஒவ்வொரு கப்ப லும் பார அளவிற்கு அதிகப்படியான சரக்குகளை ஏற்றிவிடாம லிருக்க அதன் பக்கங்களில் பிலிம்சால் கோடு என்ற கோடு வரை யப்பட்டிருக்கும். இது வட்ட வடிவத் தகடு ஒன்றில் வரையப் பட்ட, அகலமான கிடைமட்டக் கோடாகும். இதன் அருகிலேயே அளவுகோல் ஒன்று வைக்கப்பட்டிருக்கும். கோடைகாலத்தில் கப்பல் கடல் நீரில் இந்தக் கோட்டின் மேல்முனைவரை மூழ்கினுல் ஆபத்தின்றிச் செல்லும். இவ்வாறு அந்த அளவுகோலின் வெவ்வேறு அளவுகள் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளில் வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள நீரில் கப்பல் மூழ்க வேண்டிய ஆழத்தினைக் குறிக் கும். கப்பலில் அதற்குத் தகுந்தாற்போல் சரக்குகளை ஏற்றிக் கொண்டால், இது உறுதிச் சமநிலையிலிருக்கும்.

வாயுப் பொருள்கள் (Gases): ஒரு வாயுப் பொருளுக்கு உரு வமோ அளவோ கிடையாது. அதனை அடைத்து வைத்துள்ள கொள்கலத்தை முழுவதும் நிரப்பக்கூடிய ஒரு தனித்தன்மையை அது பெற்றிருக்கும். அதனுடைய கன அளவை, அழுத்தத்தை மாற்றியோ அல்லது வெப்ப நிலையை மாற்றியோ எளிதில் வேறு படுத்தலாம்.

நம் நிலவுலகம் ஒரு வாயு மண்டலத்தால் சூழப்பட்டுள்ளது. இந்த வாயு மண்டலம் வளி மண்டலம் எனப்படும். இந்த வாயு மண்டலத்தில் நைட்ரஜன், உயிர்வாயு, கரியமிலவாயு, நீராவி போன்ற வாயுப் பொருள்களும் மற்றும் சில ஜடத்துவ வாயுக்

களும் அடங்கியுள்ளன. ஒரு வாயுவின் அழுத்தத்தைத் திரவத்திற்கு அழுத்தம் கண்டுபிடித்த முறையிலேயே காணலாம்.

வளி அழுத்தத்தைக் காட்டக் கீழ்க்கண்ட சோதனைகளைக் கூறலாம்:

1. ஒழுங்கான விளிம்பையுடைய ஒரு கண்ணுடிக் குவளையை முழுவதும் நீரால் நிரப்பி ஓர் அட்டையால் மூடவும். அட்டையைக் கையால் அழுத்திக்கொண்டு, குவளையை அட்டையோடு தலைகீழாகக் கவிழ்த்தபின் கையை எடுத்துவிட்டால், அட்டை கீழே விழாமல் இருப்பதைக் காணலாம். அட்டையின்மேல் நீர் இருந்தாலும், மேல் நோக்கித் தொழிற்படும் வளி அழுத்தம் அதிகமாயிருப்பதால், அட்டை கீழே விழுவதில்லை.

2. ஒரு சோதனைக் குழாயைத் தலைகீழாக நீரினுள் அமிழ்த்தினுல் குழாயினுள் சிறிதளவே நீர் செல்லும். ஏனெனில், குழாயினுள் உள்ள காற்று, நீர் உள்ளே செல்வதற்குத் தடை கொடுப்பதால் ஆகும்.

3. வான் குரிக் (Von Guericke) என்ற விஞ்ஞானி செய்து காட்டிய சோதனையை விவரிக்கலாம். இச் சோதனையில் 22 அங்குலம் விட்டம் கொண்ட இரு உள்ளீடற்ற அரைக் கோளங்கள் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டன. இவையிரண்டும் ஒன்ருேடொன்று காற்று புகமுடியாதபடி இறுக்கமாகப் பொருத்தப்பட்டன. பின் உள்ளே இருக்கும் காற்றை அகற்றிய பின் அவற்றைப் பிரிப்பதற்கு ஒவ்வொரு பக்கமும் எட்டு குதிரைகள் தேவைப்பட்டன. இந்தச் சோதனை மேக்டபர்க் என்னுமிடத்தில் செய்துகாட்டப்பட்டதால், இந்தக் கோளங்கள் 'மேக்டபர்க் அரைக்கோளங்கள்' எனப்படும். இரண்டு அரைக்கோளங்களையும் பிரிக்க முடியாதபடி சேர்த்திருக்கும் விசையின் மதிப்பு மூன்று டன் எடை என்று கணக்கிடப்பட்டது.

4. ஒரு தகரப் பெட்டியில் சிறிதளவு நீரை எடுத்துக்கொண்டு நீர் நன்ருகக் கொதிக்கும்படி செய்யவேண்டும். இதனுல் பெட்டியிலுள்ள காற்று நீராவியுடன் சேர்ந்து வெளியேறிவிடும். பின் பெட்டியை நன்கு காற்றுப் புகாவண்ணம் இறுக்கமாக அடைத்து அதைக் குளிரவிட வேண்டும். குளிரும்பொழுது உள்ளே வெற்றிடம் ஏற்படுவதால் வெளியிலிருந்து தொழிற்படும் வளி அழுத்தத்தின் இறுக்குவிசை பெட்டியைச் சுருங்கச் செய்வதைக் காணலாம்.

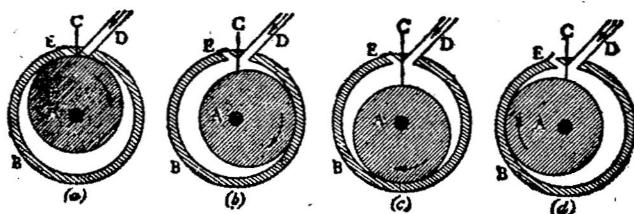
நிலவுலகின் பரப்பிலிருந்து 50 மைல் உயரம்வரை வாயு மண்டலம் உள்ளது. காற்று வீசும்பொழுது அது இருப்பதை உணர்கிறோம். காற்றிற்கு எடை உண்டு என்று முதன் முதலில் ஆட்டோ வான் குரீக் என்ற அறிஞர் கண்டுபிடித்தார். இதற்கு இரண்டு ஒத்த உருவம், கன அளவு எடையிலுள்ள இரண்டு கண்ணாடிக்குமிழ்களை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இரண்டு குமிழ் களிலும் நிறுத்து-இறுக்கிகள் இருக்க வேண்டும். முதலில் அவை களைத் தராசின் தட்டுகளில் வைத்துச் சரியீடு செய்து கொள்ள வேண்டும். வெளியேற்றுப் பம்ப்பின் உதவியால் ஒரு குமிழிலுள்ள காற்றை அகற்ற வேண்டும். அகற்றியபின் நிறுத்து-இறுக்கியை நன்கு இறுக்கிவிடவேண்டும். இப்பொழுது இந்தக் குமிழின் எடை குறைந்திருப்பதைக் காணலாம். இது வெளியேற்றப்பட்ட காற்றினால் ஏற்பட்ட எடைக் குறைவாகும். இயல்பான வெப்ப நிலை, அழுத்தம் ஆகியவற்றில் ஒரு லிட்டர் காற்றின் எடை 1.293 கிராம் ஆகும்.

வாயுப் பொருள்களில் ஆர்க்கிமிடீசின் தத்துவம்: வாயுக்களுக்கு எடை இருப்பதால் இங்கு ஆர்க்கிமிடீசின் தத்துவத்தைப் பயன் படுத்தலாம். காற்றில் மூழ்கியுள்ள ஒரு பொருளின் மேல் தொழிற்படும் அமுக்கத்தின் உந்தம், அப்பொருளினால் இடம் பெயர்ந்த காற்றின் எடைக்குச் சமமாக, இடம் பெயர்ந்த காற்றின் புவியீர்ப்பு மையத்தின் வழியே செங்குத்தாக மேல் நோக்கி இருக்கும். காற்றின் இந்த விளைவை 'மிதப்பு விளைவு' எனலாம்.

வளிமண்டல அழுத்தம்: (Atmospheric Pressure): வளி மண்டலம் காற்றினால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு கடலுக்குச் சமமாகும். நிலத்தில் ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் காண, அப்புள்ளியைச் சுற்றி ஓரலகு பரப்பளவுள்ள ஒரு பரப்பினை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் செங்குத்தாக நிற்கும் காற்றுத் தம்பத்தின் எடையைக் காணவேண்டும். வளிமண்டல அழுத்தத்தின் அளவு ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 15 பவு. எடை அல்லது ஒரு சதுர சென்டிமீட்ட ருக்கு ஒரு கிலோ கிராம் எடைக்குச் சமமாகும். 76 செ.மீ. உயர முள்ள (அல்லது 30 அங்குல உயரம்) பாதரசத் தம்பம் இதே அளவு அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும். வளிமண்டல அழுத்தம் எல்லா இடங்களிலும் ஒரே அளவினதாய் இல்லாமல் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடும். நிலத்தின் பரப்பிலிருந்து மேலே செல்லச் செல்ல இதன் மதிப்புக் குறைந்துகொண்டே செல்லும்.

1. சென்கோ ஹைவேக் பம்பு (Cenco Hyvac Pump): இதில் உள்ளீடற்ற நீள் உருளை வடிவப் பெட்டியினுள் (B) அதனுடைய

அச்சைப் பற்றி உறழ் வட்டமாக இயங்கும் (வேற்றுமையாக இயங்கும்—Eccentrically) *A* என்ற கெட்டியான உருளை ஒன்று உள்ளது.

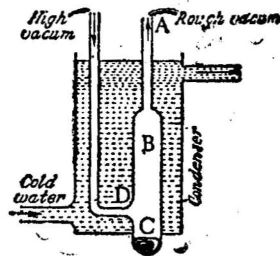


படம் 23

B-யில் அடுத்தடுத்து *D*, *E* என்ற இரு வாயில்கள் உள்ளன. *D*-யில் காற்று நீக்கப்படவேண்டிய கொள்கலம் இணைக்கப்படும். *E*-யில் மேல்நோக்கித் திறக்கக்கூடிய ஒருவழி அடைப்பிதழ் ஒன்றுண்டு. *C* என்ற தகடு *A* என்ற உருளையில் அழுந்தியிருக்குமாறு சுருள் வில் ஒன்றினால் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. *A* என்ற உருளை சுழலும்பொழுது *B* என்ற உருளையின் உட்புறத்தைத் தொட்டுக்கொண்டே சுற்றும். இந்த முழு அமைப்பும் எண்ணெயில் மூழ்கியிருக்கும். *A* என்ற உருளையை மின்சுழற்றியினால் (motor) சுழற்றும்பொழுது கொள்கலத்திலுள்ள காற்று முதலில் தகடு *C*-க்கும் உருளைக்கும் இடையேயுள்ள பகுதியை அடைத்துக்கொள்ளும். பின் இது அழுத்தப்பட்டு ஒருவழி அடைப்பிதழ் உள்ள வெளிவாயில் வழியாக வெளியேற்றப்படும். உருளை சுழலும்பொழுது உள்ள வெவ்வேறு நிலைகளைப் படம் 23 காட்டுகிறது. இதே போன்று இரண்டு விதமான பம்புகள் கூட்டாகத் தொழிற்படும். சில நிமிடங்களில் 10^{-8} மி.மீ. பாதரசம் என்ற அழுத்தம் கிடைத்துவிடும்.

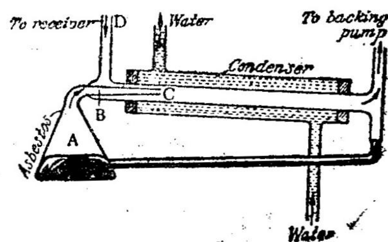
2. விரவல் பம்பு (Diffusion Pump) : இதில் *B* என்ற உலோகத்தாலோ அல்லது தடித்த சுவர்களுடன் கண்ணாடியாலோ ஆன, அடிப்பாகம் மூடப்பட்டும் மேல்பாகம் திறந்தும் உள்ள உருளை வடிவக் குழாய் ஒன்று இருக்கும். இதில் *C* என்ற இடத்தில் சிறிதளவு பாதரசம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த *B* என்ற குழாயின் பக்கவாட்டில் *D* என்ற மற்றொரு குழாய் இணைக்கப்பட்டு இதில் கொள்கலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த உருளை வடிவக் குழாய், உலோக உறை ஒன்றினுள்ளே வைக்கப்பட்டு, எப்பொழுதும் குளிர்ந்த நீர் உருளை வடிவக் குழாயைச் சுற்றி

ஓடிக் கொண்டிருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தக் குழாயின் திறந்த மேல்முனை ஒரு முன்னோடி விசைப் பம்புடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். C என்ற பகுதியிலுள்ள பாதரசத்தை ஒரு விளக்கின் உதவியால் கொதி நிலைக்குக் கொண்டு வரவேண்டும். பாதரசம் கொதித்து ஆவியானவுடன், காற்றிற்கும் பாதரச ஆவிக்கும் இடையே விரவல் ஏற்படும். குளிர் நீர் குழாயினைச்சுற்றி இருப்பதால் பாதரச ஆவி குளிர்ந்து மறுபடியும் குழாயினை அடையும். ஆனால், காற்றுமட்டும் முன்னோடி விசைப் பம்பின்மூலம் வெளியேற்றப்படும். இவ்வகைப் பம்புகளினால் 10^{-8} செ.மீ. பாதரசம் என்ற குறைந்த அளவு அழுத்தம் வரை காற்றை நீக்கலாம்.



படம் 24

3. வாரன் பம்பு (Waren's Pump) : மிகக் குறைந்த 10^{-8} செ மீ. பாதரசம் அளவுள்ள அழுத்தத்தினைப் பெற டாக்டர் H.P. வாரன் (முன்னாள் பௌதிகப் பேராசிரியர், மாநிலக்கல்லூரி, சென்னை) அவர்கள் ஒரு பாதரச விரவல் பம்பை அமைத்தார்கள். இதில் C என்ற கூரான முனை அமையுமாறு முனை நோக்கிச் சிறுத்துச் செல்லும் A என்ற கலம் ஒன்றுண்டு. இந்த BC என்ற கூரான முனை மற்றோர் அகன்ற குழாயினுள் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த அகலமான குழாயில் குளிர் நீர் ஓடிக்கொண்டிருக்கும்; ஓர் உறையினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் காற்று நீக்கப்பட வேண்டிய கொள்கலம் கூரான முனைக்கு அருகிலுள்ள D என்ற ஒரு பக்கவாட்டுக் குழாயுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். முன்னோடி விசைப் பம்பு மற்றொரு பக்கவாட்டுக் குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். A என்ற கலத்திலுள்ள பாதரசத்தைச் சூடேற்றிக் கொதிக்க வைக்க வேண்டும். காற்றிற்கும் பாதரச ஆவிக்கும் விரவல் ஏற்பட்டுக் காற்று மட்டும் முன்னோடி விசைப் பம்பு வழியாக வெளியேற்றப்படும். பாதரச ஆவி குளிர்ந்து மற்றொரு குழாயின் மூலம் கலத்தை வந்தடையும்.



படம் 25

4. மெக்லியாடு அளவி (Mcleod Gauge): இந்த அளவி மிகக் குறைந்த அளவு அழுத்தத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படுகிறது. இதில் தெரிந்த கொள்ளளவுள்ள B என்ற குமிழ் C என்ற இடத்திலுள்ள குழாயின் மூலம் அழுத்தத்தை அளவிட வேண்டிய காற்றுள்ள கொள்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். B-யின் மேல் பாகம் A என்ற மேல்முனை மூடிய சீரான நுண்துளைக் குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். C என்ற இடத்தில் உள்ள பக்கக் குழாயும் அதிலுள்ள F என்ற மற்றொரு குழாயும் A-யைப் போல் ஒரே குறுக்களவுள்ள துளைகள் கொண்டவையாய் இருக்கும். B என்ற குமிழின் அடிப்பாகம் ரப்பர் குழாயின் உதவியால் R என்ற பாதரச சேமக்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். CD என்ற குழாயின் நீளம் சுமார் 60 செ.மீ. இருக்கும். B-யில் பொருத்து முன்பே A என்ற குழாய் அளவு திருத்தி அமைக்கப்பட்டதாய் இருக்கும். கலத்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தை அளப்பதற்குச் சேமக்கலத்திலுள்ள பாதரசமட்டம் C-க்குக் கீழே இருக்கும்படி சேமக்கலத்தைக் கீழே இறக்கவேண்டும். இப்பொழுது கொள் கலத்திலுள்ள காற்று B என்ற குமிழிலும் இருக்கும். பின் சேமக் கலத்தை மெதுவாக உயர்த்த வேண்டும். இப்பொழுது பாதரசம் B என்ற குமிழினுள் சென்று கொள்கலத்திற்கும் B-க்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பைத் துண்டித்துவிடும். குமிழிலுள்ள காற்று அழுத்தப்படும். அதனுடைய கன அளவு v-யைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். A, F என்ற இரண்டு குழாய்களிலும் உள்ள பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாட்டைக் (h) காண வேண்டும். கொள்கலத்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் p எனக் கொள்வோம்.



படம் 26

C-க்குச் சற்று மேலே பாதரச மட்டம் நிற்கும்பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய காற்றுக் குமிழையும் அதற்கு மேலேயுள்ள நுண்துளைக் குழாயையும் அடைத்துக் கொண்டிருக்கும். அதனுடைய அழுத்தம் p ஆகும். V என்பது குமிழ், நுண்துளைக் குழாய் ஆகியவற்றின் கொள்ளளவு என்றும், v என்பது நுண்துளைக் குழாயின் கொள்ளளவு என்றும் எடுத்துக்கொள்வோம். படம் 26-ல் காட்டியுள்ள அளவு வரை பாதரசம் இருக்குமானல், காற்றின் கன அளவு v ஆகும். அதனுடைய அழுத்தம் $p + h$ ஆகும்.

எனவே, பாயிலின் விதிப்படி,

$$pV = (p + h)v = pv + hv$$

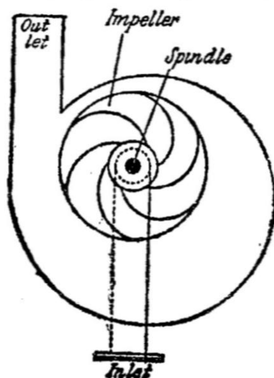
அதாவது, $p(V - v) = hv$

எனவே, $p = \frac{hv}{V - v}$

அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருப்பதால், அதன் மூலம் காற்றின் கன அளவையும் பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாட்டையும் காணலாம்.

X-கதிர்க் குழாய்கள், வால்வுகள் போன்றவைகளிலுள்ள அழுத்தத்தை அளப்பதற்கு இதனைப் பயன்படுத்தலாம். இதனுதவியால் சில மி.மீ. பாதரச அழுத்தத்திலிருந்து 10^{-5} மி.மீ. பாதரச அழுத்தம்வரை அளக்கலாம். (இங்கு R-ல் உள்ள பாதரசத்தின் மேற்பரப்பு, குழாயிலுள்ள பாதரசத்தின் மட்டத்தைவிடச் சுமாராக வளி அழுத்தப் பாதரச உயரத்திற்குக் கீழே இருக்கும்.)

5. புறநோக்கு விசைப் பம்பு (Centrifugal Pump): சாதாரண நீர் இழுக்கும் பம்பால் நீரை 33 அடிக்கு மேல் ஏற்ற முடியாது. ஆனால், புறநோக்கு விசைப் பம்பின் மூலம் அதிக உயரத்திற்கு 200 அடி உயரம் வரை நீரை மேலே ஏற்றலாம். படத்தில் (27) இதன் பாகங்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் இயக்கி (Impeller) எனப்படும் அதிக எண்ணிக்கையுள்ள தகடுகள் பொருத்தப்பட்ட சக்கரம் ஒன்று உண்டு. இதனுடைய அச்சில் சுழற்றி ஒன்றைப் பொருத்தி இதனைச் சுழலச் செய்யலாம். சக்கரமும் அதனைச் சூழ்ந்துள்ள பகுதிகளும் நீரால் நிரம்பியிருக்கும்பொழுது, இயக்கியை வெகு வேமாகச் சுழற்றினால், நீரினுடைய இயக்க ஆற்றல் மிக அதிகமாகும். ஆனால், பம்பின் உட்பரப்பை அடையும் நீரின் வேகம் குறைவதால் அதனுடைய அழுத்தம் மிக அதிகமாகி, நீர், வெளிவாயிலின் வழியாக விசையுடன் வெளியேறும். இயக்கி சுழலும் பொழுது நீர் சுழற்றப்படுவதால், அதனால் ஏற்படும் புறநோக்கு விசை உள்வாயிலின் வழியாக நீரை வெகு வேகமாக உள்ளே இழுக்கும்.



படம் 27

இதே போன்ற அதிகமான பம்புகள் கூட்டாக இயங்கினால் நீரை

அதிக உயரத்திற்கு ஏற்ற முடியும். இதில் ஒரு வழி அடைப்பிதழ்கள் எதுவும் இல்லையாதலால், சிறு சிறு கற்களும் சேறும் கலந்த நீரையும் இதனால் இறைக்க முடியும்.

மாதிரிக் கணக்கு

மக்லியாடு அழுத்த அளவியில் குமிழியும் நுண்துளைக் குழாயும் சேர்ந்த அமைப்பின் கொள்ளளவு 50 க.செ.மீ. காற்று நீக்கப்பட்ட கொள்கலம் ஒன்றிலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தை அளக்கும்பொழுது $h = 8$ மி.மீ. ஆகவும்; $v = 0.2$ க.செ.மீ. ஆகவும் பதிவானால் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு.

$$P = \frac{hv}{V-v}$$

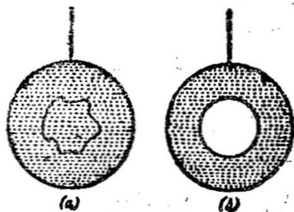
$$= \frac{0 \cdot 8 \times 0 \cdot 2}{50-0 \cdot 2} = \frac{0.16}{49 \cdot 8}$$

$= 0 \cdot 0032$ செ. மீ. பாதரசம்.

5. பரப்பு இழுவிசை
(Surface Tension)

ஒரு சமதளமான கண்ணாடித் தகட்டின் கீழ்ப்புறத்தில் ஒரு துளி தண்ணீர் ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதைப் பார்க்கிறோம். நீரின் மூலக்கூறுக்கும் கண்ணாடிக்குமுள்ள கவர்ச்சியே இதற்குக் காரணம். மேலும், நீரின் மேல்பரப்பு இழுக்கப்பட்ட ஒரு ரப்பர் சவ்வு போன்று தொழில்படுகிறது. திரவத்தின் மேல்பரப்பு இழுக்கப் பட்ட ஒரு ரப்பர் சவ்வுபோலச் செயல்படுகிறதென்றும், மேல் பரப்பின் பரப்பளவு சுருங்கிக் குறைந்த அளவை அடைகிறதென் றும் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனைகளின் மூலம் அறியலாம்.

1. 10 செ.மீ. விட்டமுள்ள ஒரு செம்பு வளையத்தைச் சவுக்கார நீரில் (Soap solution) அமிழ்த்தி எடுத்தால், அவ் வளை யத்தில் ஒரு சவுக்கார ஏடு (film) உண்டாகிறது. நனைக்கப்பட்ட ஒரு மெல்லிய நூலினாலான வளையத்தை (loop) அப் படலத்தில் வைத்து ஒரு குண்டூசியால் குத்தினால், நூலினாலான வளையம் வட்ட வடிவத்தைக் கொள்கிறது. ஒரே சுற்றளவுள்ள வடிவங் களில் வட்டமே அதிகப் பரப்புஉள்ள தால் சவுக்காரப் படலம் குறைந்த அளவு பரப்பையடைகிறது என்பது இதனால் தெரியவருகிறது.

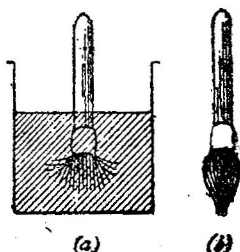


படம் 28

2. ஒரு சிறிய புருசைத் (brush) தண்ணீரில் அமிழ்த்தினால் புருசின் மயிர்கள் (hairs) ஒன்று சேராமல் தனித்துப் பரந்து நிற்கின்றன. ஆனால், புருசைத் தண்ணீருக்கு வெளியே எடுத்தோமானால், நீரின் பரப்புச் சுருங்கி மயிர்கள் ஒன்றுசேர்ந்து கொள்கின்றன.

3. ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின் கீழ்ப் பாகத்தில் வடிவெடுக்கும் நீர்த்துளியைப் பார்ப்போமானால், அதனுடைய பருமன் கொஞ்சங் கொஞ்சமாக அதிகரித்து ஒரு கழுத்து (neck) ஏற்பட்டுப் பின் கீழே விழுகிறது.

4. ஒரு மையொற்றித் தாளின்மேல் ஓர் ஊசியை வைத்துத் தாளை நீரின் மேற்பரப்பில் விட்டோமானால் தாள் நனைந்து தண்ணீருக்குள் அமிழ்ந்துவிடும். ஆனால், ஊசியோ தண்ணீரின் மேற்பரப்பில் நின்று மிதக்கும். இதனால் நீரின் மேற்பரப்பில் உள்ள விசை, ஊசியின் கனத்தைத் தாங்குவது தெரியும்.



படம் 29

5. ஆலிவ் எண்ணெயின் (Olive oil) ஒரு துளியைச் சம அடர்த்தி எனமுள்ள தண்ணீர், ஆல்கஹால் (Alcohol) கலவையில் விட்டால், ஆலிவ் எண்ணெய்த் துளி ஒரு கோளத்தின் வடிவம் கொள்ளும். இதற்குக் காரணம், கொடுக்கப்பட்ட பரிமாணமுள்ள ஒரு பொருள் கோள வடிவமைத்துக் குறைந்த பரப்பைக் கொள்ளுதலே.

மேற்கண்ட பரிசோதனைகளின் மூலம் ஒரு திரவத்தின் பரப்பு ஒரு ரப்பர் சவ்வு போன்று சுருங்கக் கூடிய ஒன்று என்று அறியலாம். திரவப் பொருளின் பரப்பில் ஏற்படும் இந்த விசைக்குப் பரப்பு இழுவிசை (Surface tension) என்பது பெயர்.

மற்றும், (1) சிறிதளவு பாதரசத்தைச் சுத்தமான ஒரு தட்டின்மேல் விட்டால், அது உருண்டை வடிவங் கொள்கிறது. குறிப்பிட்ட பரிமாணமுள்ள பொருள் குறைவான பரப்புப் பெறவேண்டுமானால், அது கோள வடிவு கொள்ளவேண்டும்.

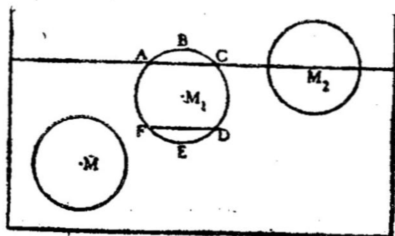
(2) சுத்தமான நீர்ப்பரப்பின் மீது ஒரு துளி எண்ணெய் விட்டால் அது நீரின்மீது மெல்லிய தகடு போலப் படர்கிறது. நீருக்கும் எண்ணெய்க்கும் இடையேயுள்ள பரப்பில் ஏற்படும் இழுவிசையே இதற்குக் காரணம்.

(3) சுத்தமான நீர்ப்பரப்பின்மேல் சில கற்பூரத் துண்டுகளைப் போட்டால் அவை அங்குமிங்கும் திரிந்து நடனமாடும். கற்பூரம் நீரில் விழுந்ததும் சிறிதளவு கரைகிறது. இக்கரைசலின் பரப்பு இழுவிசை, சுத்தமான தண்ணீரின் பரப்பு இழுவிசையை விடக் குறைவு. எனவே, நீரின் மூலக்கூறுகள் துண்டை இங்குமங்கும் இழுக்கின்றன.

பரப்பு இழுவிசையின் விளக்கம்

திரவ மூலக்கூறுகளிடையே செயல்படும் விசைகளால் பரப்பு இழுவிசை திரவப்பரப்புகளில் உண்டாகிறது. திரவத்தில் இருமூலக்

கூறுகளின்மேல் செயல்படும் விசைகளைக் கவனிப்போம். M என்னும் மூலக்கூறு திரவத்தினுள் இருப்பதாகவும், M_2 என்னும் மூலக்கூறு அதன் பரப்பில் உள்ளதென்றும் கொள்வோம். M என்னும் மூலக்கூறை அதைச் சுற்றியுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் கவர முயல்கிறது. இக் கவர்ச்சி விசை இவ்விரு மூலக்கூறுகளுக் கிடையேயுள்ள



படம் 30

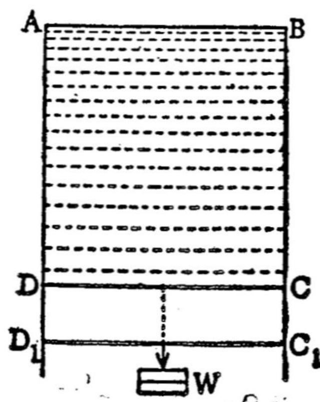
தூரத்தைப் பொருத்தது. தூரம் அதிகமானால், விசை குறையும். எனவே, குறிப்பிட்ட ஒரு தூரத்திற்கு அப்பாலுள்ள மூலக்கூறுகள் M-ஐப் பாதிக்காது. எனவே, M-ஐக் கவரும் மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் M-ஐ மையமாகக் கொண்ட ஒரு சோளத்திற்குள் அடங்கும். கோளத்தினுள் M-ஐச் சுற்றியுள்ள மூலக்கூறுகள் அதைக் கவர்வதற்குள் விசைகள் அனைத்தும் ஈடு செய்யப்பட்டு விடுகின்றன. இதனால் அதன் மீது விசைகள் செயல்படுவதில்லை. ஆனால், M_2 என்னும் மூலக்கூறு திரவத்தின் பரப்பில் உள்ளதால், அதைச் சுற்றி எல்லாப் பக்கங்களிலுமிருந்து அதைக் கவரும் மூலக்கூறுகள் இல்லை. எனவே, அதைக் கவரும் மூலக்கூறுகள் யாவும் ஓர் அரைக்கோளத்தில் உள்ளன. எனவே, M_2-ன் மேல் செயல்படும் விசைகள் ஈடுசெய்யப்பட மாட்டா. இதனால் அதன் மேல் விசையொன்று செயல்படும். ஆகையால், இந்த மூலக்கூறு கீழ் நோக்கிக் கவரப்படுகிறது.

M_1 என்ற மூலக்கூறு திரவத்தின் மேல்பரப்பிற்குச் சற்றுக் கீழ் இருக்கிறது. கீழேயிருந்து M_1-ஐ இழுக்கும் மூலக்கூறுகள் மேலேயிருந்து இழுக்கும் மூலக்கூறுகளைவிட அதிகம். AC என்றகோட்டை FD கோட்டிற்கு இணையாக M_1-லிருந்து சம தூரத்தில் வரைந்தால், $ACFD$ என்ற பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறுகள் M_1-ஐச் சமவிசையோடு இழுப்பதால் அவைகள் M_1-ஐ எந்த விதத்திலும் பாதிக்காது. ஆனால் FD என்ற கோட்டிற்குக் கீழேயுள்ள மூலக்கூறுகள் M_1-ஐக் கீழ்நோக்கிச் செங்குத்தாக இழுக்கும். இந்த விசை M_1-ஐக்

கீழ்நோக்கி இழுக்கும் விசையைவிடக் குறைவாயிருக்கும். இதனால் திரவத்தின் மேல்பரப்பு இழுக்கப்பட்ட ஒரு சவ்வுபோல் இயங்குகிறது. இதனால் நாம் திரவத்தின் பரப்பை அதிகரிக்க முயன்றால் இதை எதிர்த்து ஒரு விசை செயல்படும். இதுவே பரப்பு இழுவிசை எனப்படும். இதற்கு எதிராக வேலை செய்து பரப்பை அதிகப்படுத்தினால், இதில் செலவழியும் வேலை பரப்பின் நிலைச்சக்தியை அதிகமாக்கும். பொதுவாக, எப் பொருளும் தனது நிலைச்சக்தி குறைந்த அளவு நிலையில்தான் நிற்க முயலும். எனவே. திரவங்களின் பரப்புகளும் நிலைச்சக்தி குறைவான நிலையில் இருக்க முயல்கின்றன. இதனால் திரவங்களின் பரப்பும் குறைந்த நிலையில் உள்ளவாறு அமைய முயலும். பரப்பு இழுவிசையால் நிகழும் விளைவுகளுக்கெல்லாம் இதுவே காரணம். முதன் முதலில் லாப்ளஸ் (Laplace) என்னும் ஃபிரெஞ்சு விஞ்ஞானி கணக்கியல் முறைப்படி இக் கொள்கையை வகுத்தார்.

பரப்பு இழுவிசை

ABCD என்ற செவ்வக வடிவமுள்ள ஒரு சட்டத்தில் (Frame) ஒரு திரவப் படலம் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். *CD* என்பது மேலும் கீழுமாக நகரக்கூடியதாக இருக்கட்டும். *CD* என்ற கம்பியின் பளுவையும்சேர்த்து *W* என்ற பளுவைத் திரவப் படலம் தாங்குவதாக இருக்கட்டும். *CD* என்பதன் ஒவ்வொரு மூலக அளவிற்கும் *T* என்பது பரப்பு இழு விசையெனில், படலத்திற்கு இரு பக்கங்கள் இருப்பதால், $2T \cdot CD = W$. எனவே, திரவத்தின் பரப்பின்மேல் ஒரு கோட்டை அமைத்துக் கொண்டு அக்கோட்டின் ஒரு செ.மீ. மேல் செங்குத்தாகச் செயல்படும் விசையைப் பரப்பு இழுவிசை எனலாம். *T* என்பது ஒரு சென்டி மீட்டருக்கு இத்தனை டைன்ஸ் என்று குறிப்பிடப்படும். மற்றும், ஒரு சதுர செ.மீ. பரப்பின் மீது தொழிற்படும் ஆற்றலே பரப்பு இழுவிசையெனவும் கூறலாம். மேலே சொல்லப்பட்ட *CD* என்ற கம்பியானது கீழ் நோக்கி *x* செ.மீ. தூரம் நகர்ந்து $C_1 D_1$ என்ற இடத்திலிருப்பதாகக் கொள்வோம். செய்யப்பட்ட வேலையின்

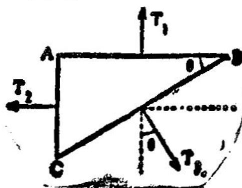


படம் 31

அளவு $= 2 \cdot T \cdot CD \cdot x = T \times$ அதிகப்படுத்தப்பட்ட படலத்தின் பரப்பு. ஒரு சதுர செ. மீ. பரப்பில் ஏற்படும் ஆற்றல் E என்றால் மொத்த ஆற்றல் $= E \times$ அதிகப்படுத்தப்பட்ட படலத்தின் பரப்பு. எனவே $E = T$. பரப்பின் இழு ஆற்றல் = பரப்பின் இழுவிசை.

பரப்பு இழுவிசை எல்லாத் திசைகளிலும் சமமே

ஒரு திரவத்தின் பரப்பில் ABC என்ற ஒரு நேர்கோண முக்கோண வடிவமுள்ள பரப்பை எடுத்துக்கொள்வோம். முக்கோணத்தின் AB, AC, BC பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாகப் பரப்பு இழுவிசைகள் T_1, T_2, T_3 என்று கொள்வோம். பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படும் விசைகள் $T_1 \times AB$, $T_2 \times AC$, $T_3 \times BC$. இவைகளுள் $T_3 \times BC$ ஐச் செங்குத்தான விசைப் பகுப்புகளாகப் பிரித்தோமானால்,



படம் .32

$$T_1 = T_3 \cdot BC \cdot \cos\theta$$
$$T_2 = T_3 \cdot BC \cdot \sin\theta$$

சமநிலை ஏற்பாட்டிற்கு $T_1 \cdot AB = T_3 \cdot BC \cdot \cos\theta$

$$= T_3 \cdot BC \cdot \frac{AB}{BC} = T_3 \; AB$$

எனவே, $T_1 = T_3$

மற்றும், $T_2\, AC = T_3\, BC \cdot \sin\theta = T_3 \cdot BC \cdot \frac{AC}{BC} = T_3\, AC$

எனவே, $T_2 = T_3$

ஆகவே, $T_1 = T_2 = T_3$. இதிலிருந்து, பரப்பு இழுவிசை எல்லாப் பக்கங்களிலும் சமம் என்று தெரியவருகிறது.

திடப்பொருளின்மீது திரவத் துளியின் உருவம்

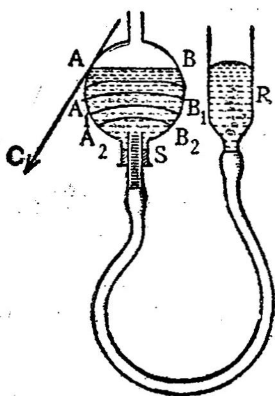
ஒரு திடப்பொருளின் மீது ஒரு திரவத் துளியின் உருவம், துளியின் பரிமாணத்தையும் அதன் பரப்பு இழுவிசையையும் பொருத்தது. கண்ணாடித் தகட்டை நனைக்காத பாதரசத் துளியின் உருவம், மொத்த ஆற்றல் கூடுமானவரையில் குறைவாக இருக்க வேண்டும் என்ற தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. m என்பது துளியின் பொருண்மையாகவும், g புவியீர்ப்பு முடுக்கமெனவும், h என்பது துளியின் ஈர்ப்பு மையத்தின் உயர

மெனவும், a என்பது துளியின் பரப்பு எனவும், T பரப்பு இழுவிசையெனவும் கொண்டால், மொத்த ஆற்றல் $E = m \cdot g \cdot h + a \cdot T$. துளி சிறியதாக இருந்தால், mgh-ன் மதிப்பு மிகவும் சிறியது. எனவே, $E = a \cdot T$. E குறைவாக இருக்க வேண்டுமானால் a குறைவாக இருக்க வேண்டும். எனவே, கொடுக்கப்பட்ட பரிமாணத்திற்குக் கோளமே குறைந்த பரப்பளவு உள்ளது. எனவே, துளி கோளவடிவத்தை அடைகிறது.

துளி பெரியதாக இருந்தால் aT-ஐவிட mgh பெரியதாகும். எனவே, $E = mgh$. E குறைவாக இருக்கவேண்டுமானால் h குறைவாக இருக்கவேண்டும். எனவே, துளி திடப்பொருளின் மீது பரவி நிற்கும்.

சேர்கோணம் (Angle of Contact)

ஒரு திரவமும் ஒரு திடப்பொருளும் தொடுமிடத்தில் திரவப் பரப்பிற்குத் தொடுகோடு (Tangent) வரைந்தால், அதற்கும் திடப்பொருளின் பக்கத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்குச் சேர்கோணம் என்று பெயர். தண்ணீருக்கும் கண்ணாடிக்குமுள்ள தொடுகோணம் மிகவும் குறைவு. சுழி அல்லது சுன்னமென்றே (zero) கொள்ளலாம். பாதரசத்திற்கும் கண்ணாடிக்குமுள்ள தொடு கோணம் சுமார் 135°. இதைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு, கே லூசாக் (Gay Lussac) என்பவர் ஒரு பரிசோதனை நடத்தினர். ஒரு கோள வடிவமான ஒரு கண்ணாடி பல்பின் மேல்பாகத்தைத் திறந்து வைத்து, கீழ்ப்பாகத்தை ஒரு ரப்பர் குழாய் மூலம் திறந்த வாயுள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குழாயோடு பொருத்தி, பாதரசத்தை அதில் ஊற்றினர்.

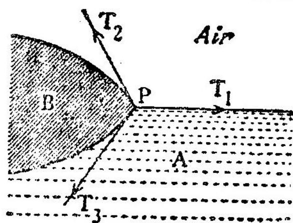


படம் 33

பல்பில் உள்ள பாதரசம் சமதளமாயிராமல் குவிந்து காணப்பட்டது. கண்ணாடிக் குழாயைக் கொஞ்சமாக உயர்த்திஞல், பல்பிலும் பாதரசம் ஏறிற்று. பாதரசம் ஏறஏற அதன் பரப்புக் கொஞ்சங்கொஞ்சமாகச் சமதளத்தையடைய முயன்று, ஒரு சமயத்தில் அதன் பரப்புச் சமதளத்தையடைந்து எந்தக் கோணத்தைக் கொள்கிறதோ, அந்தக் கோணமே பாதரசத்தின் ஒரு கோணமென்று அறியலாம். இக் கோணம் சுமார் 135° என அளக்கப்பட்டிருக்கிறது.

ஒரு திரவத்தின் துளி மற்றொரு திரவத்தின்மேல் நிற்றல்

B என்ற ஒரு திரவத்தின் துளி A என்ற திரவத்தின் மீது சமநிலையில் நிற்பதாகக் கொள்வோம். P என்னும் புள்ளியில் இரண்டு திரவங்களும் காற்றும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். A திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை T_1 எனவும், B-யின் பரப்பு இழுவிசை T_2 எனவும், A-க்கும் B-க்கும் உள்ள பரப்பு இழுவிசை T_3 எனவும் கொள்வோம். இம் மூன்று பரப்பு இழுவிசைகளும் சமநிலையில் இருப்பதால், இவைகளால் ஏற்படும் முழுக் கோணத்திற்கு நியூமென் முக்கோணம் (Newmann's Triangle) என்று பெயர். ஆனால், சுத்தமான திரவங்கள் அமைந்தால் இத்தகைய முக்கோணம் வரைய முடியாது.

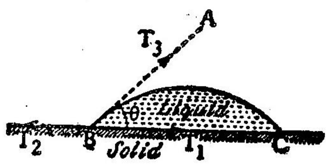


படம் 34

எனவே, சமநிலை ஏற்படாது. எனவே, ஒரு பரப்பு இழுவிசை மற்ற இரண்டு பரப்பு இழுவிசைகளைவிட அதிகமாக இருக்கும். எனவே, B என்ற திரவம் A யின் மீது துளியாக நில்லாது எண்ணெய் நீரின்மீது பரவுவது போன்று பரவிவிடும். ஒரு விசை மற்ற இரண்டு விசைகளின் கூட்டுத் தொகையைவிடக் குறைவாக இருந்தால், B என்னும் திரவம் A-யின மீது ஒரு துளியாக, தண்ணீர் பாதரசத்தின் மீதோ அல்லது ஒரு பிசுபிசுப்பான தளத்தின் மீதோ நிற்பது போல், நிலைத்து நிற்கும்.

ஒரு திரவத் துளி ஒரு திடப்பொருளின் மேல் நிற்றல்

ஒரு திரவம் ஒரு திடப்பொருளின்மேல் நிற்பதாகக் கொள்வோம். திரவ-திடப்பொருள், திடப்பொருள்-காற்று, திரவப் பொருள்-காற்று இவைகளின் பரப்பு இழுவிசை T_1. T_2, T_3 எனக் கொள்வோம். ABC தொடுகோணமாக இருக்கட்டும். திரவம் திடப்பொருளின் மீது பரவாமல் துளியாக நின்றால்,



படம் 35

$$T_1 - T_2 + T_3 \cdot \cos\theta = 0.$$

அதாவது, $T_3 \cdot \cos\theta = T_2 - T_1$

$$\therefore \cos\theta = \frac{T_2 - T_1}{T_3}$$

T_1- ஐவிட T_2 பெரியதாக இருந்தால், $\cos\theta$-வின் மதிப்பு எப்பொழுதும் + *ve*. எனவே, குறுங்கோணமாகவே இருக்கும்.

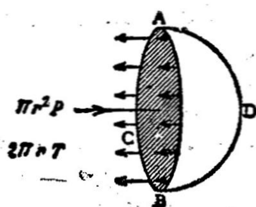
T_1- ஐவிட T_2 சிறியதாயிருந்தால், $\cos\theta$-வின் மதிப்பு — *ve*. எனவே, விரிகோணமாயிருக்கும்.

θ-வின் மதிப்பு o என்றால், $1 = \frac{T_2 - T_1}{T_3}$. அதாவது, $T_2 = T_3 + T_1$

இப்பொழுது நிலையற்ற தன்மை காணப்படும். எனவே, நீரைப் போன்ற திரவம் திடப்பொருளின் மீது பரவிவிடும்.

சவுக்காரக் குமிழ்

சவுக்காரக் குமிழை இரண்டாக வெட்டுவதாகக் கொண்டு இதில் செயல்படும் விசைகளை அறியலாம். வெட்டப்பட்ட பாதியின் விளிம்பில் குமிழின் இரு பரப்புகளிலும் இரு விசையின் அளவு T எனில், இவ் விசைகள் ஒவ்வொன்றும் $2\pi \cdot r \cdot T$ ஆகும். எனவே, மொத்தப் பரப்பு விசை $2 \times 2 \cdot \pi \cdot r \cdot T = 4\pi \cdot r \cdot T$. குமிழுக்குள் அழுத்தம் வெளியேயுள்ள அழுத்தத்தைவிட P அலகுகள் அதிகமாயின், குமிழின் வெட்டுவாயில் இதனால் செயல்படும் விசை $= \pi \cdot r^2 \cdot P$. இவ்விரு விசைகளும் சமனாய்க் குமிழை நிலைப்படுத்துவதால்,



படம் 38

$$\pi \cdot r^2 \cdot P = 4\pi \cdot r \cdot T$$

எனவே, $P = \frac{4T}{r}$

சவுக்காரக் குமிழ் அல்லது வேறொரு திரவமாயிருந்தால், அதற்கு ஒரு பரப்புத் தான் உண்டு. எனவே,

$$\pi \cdot r^2 \cdot P = 2\pi \cdot r \cdot T.$$

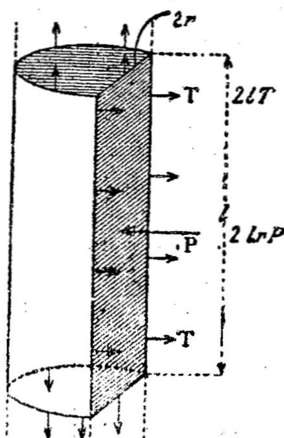
ஆக, $P = \frac{2T}{r}$ என்று கணக்கிட வேண்டும்.

நீள் உருளைத் துளி

நீள் உருளை போன்ற ஒரு துளி ஏற்பட்டால் அதை வெட்டப்பட்ட இரண்டு பிரிவாகக் கொண்டு பார்க்குமிடத்து, பரப்பு இழுவிசை $= 2\,l \cdot T$ என்றும், திரவ அழுத்தம் $l \cdot 2 \cdot r \cdot P = 2 \cdot l \cdot r \cdot P$ என்றும் தெரியவரும்.

எனவே, $2 \cdot l \cdot T = 2 \cdot l \cdot r \cdot P$

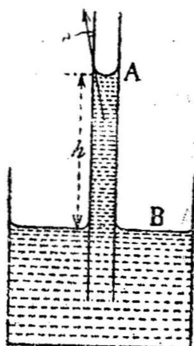
$$\therefore \quad P = \frac{T}{r}$$

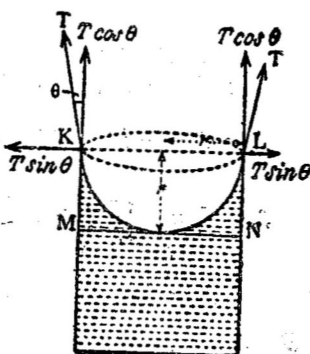


படம் 37

நுண் புழை இயல் (Capillarity)

ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் மட்டத்தை ஆராய்ந்தால் அது சரியான மட்டமாக இருக்காது. பாத்திரத்தின் பக்கங்களில் அது சிறிது வளைந்திருக்கும். பாத்திரம், நீர் இவ்விரண்டின் பொதுப் பரப்பில் செயல்படும் இழு விசையால் நீர் மட்டம் உயர்ந்து பாத்திரத்தை நனைக்கிறது. இதே விளைவை ஒரு நுண்புழைக் குழாயில் (Capillary Tube) நன்றாகக் காணலாம். இக்குழாயை ஒரு திரவத்திற்குள் அமுக்கினல் இதனுள் திரவ மட்டம் குழிவு வடிவுள்ளதாய் வெளி மட்டத்தைவிட உயர்ந்திருக்கும்.





படம் 38

இரு தளமான தட்டுகளை நேர்குத்தாகச் சிறிது விலக்கி, ஒரு திரவத்தில் நிறுத்தினல் அவற்றினிடையே திரவம் உயர்ந்து நிற்கிறது. இவ்வியல்பு நுண்புழைமை எனப்படும். திரவமும்

பாத்திரமும் தொடும் இடத்தே திரவப் பரப்பிற்குத் தொடுகோடு வரைந்தால் அதன் தொடுகோணத்தை அறியலாம்.

நுண்புழைக் குழாயில் திரவங்கள் மேலேறி நிற்பதையளந்து பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடலாம். வெளி மட்டத்திற்கு மேல் உள்ள நிறையின் எடையைக் குழாய்க்குள் இருக்கும் திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை ஈடு செய்கிறது. திரவ நிறையின் உயரம் h எனவும், அதன் அடர்த்தி கனம் d எனவும், குழாயின் ஆரம் r எனவும் கொள்வோமானால், நிறையின் எடை $\pi r^2 hdg$. பரப்பு இழுவிசை செ.மீ-க்கு T எர்க் என்றால் குழாயைச் சுற்றிலும் செயல்படும் விசையின் அளவு, $2\pi\ r\ T \cos\theta$.

எனவே, $\pi r^2 hdg = 2\pi\ r\ T \cos\theta$

$$\therefore\quad T = \frac{rhdg}{2\cos\theta}$$

நீருக்கு $d = 1;\ \theta = 0$

எனவே, நீரின் பரப்பு இழுவிசை $T = \frac{rhg}{2}$.

நுண்புழைக் குழாயில் நீர் h உயரத்தில் நிற்பதாகக் கொண்டோம். ஆனால், நீர்மட்டம் சமதளமாயிராமல் பக்கவாட்டில் குழாயையொட்டி உயர்ந்து நிற்பதால், சமதளத்திற்கு மேலுள்ள நீரின் நிறையாகிய $\frac{1}{3}\pi r^3 dg$-ஐச் சேர்த்துக் கொள்வது நல்லது.

எனவே, $2\pi\ r\ T = \pi\ r^2\ hdg + \frac{1}{3}\pi\ r^3\ dg$

$$2\pi\ r\ T = \pi\ r^2\ dg\left(h + \frac{r}{3}\right)$$

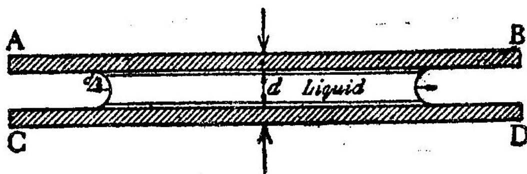
$$\therefore\quad T = \frac{rdg}{2}\left(h + \frac{1}{3}r\right)$$

இரண்டு தகடுகளுக்கிடையே திரவத்துளி

AB, CD என்ற இரண்டு கண்ணாடித் தகடுகளுக்கிடையே ஒரு திரவமிருப்பதாகக் கொள்வோம். தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் d என்றால் திரவத்தின் பிறைத்தலம் அரைவட்டமாகவிருக்கும்.

எனவே, அதன் ஆரம் $= \frac{1}{2}d$.

எனவே, அழுக்கத்தின் வித்தியாசம் $= \frac{T}{r} = \frac{2T}{d}$



படம் 39

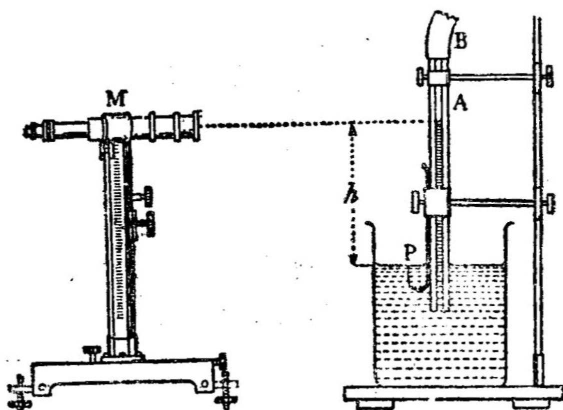
இரண்டு தகடுகளையும் பிடித்துக்கொண்டிருக்கும் விசை

$$= \frac{2T}{d} \times a.$$

பரிசோதனை : ஒரு நுண்புழைக் குழாயை நைட்ரிக் அமிலம், பொட்டாசியம் டைகுரோமேட் கொண்டு நன்றுகச் சுத்தப்படுத்திக்கொண்டு அதன் ஒரு பாகம் தண்ணீருக்குள்ளும், மற்றப் பாகம் தண்ணீருக்கு வெளியேயும் இருக்குமாறு ஒரு தண்டு மூலம் செங்குத்தாக வைக்கவேண்டும். தண்ணீர் கண்ணுடிக் குழாயை நனைத்துச் சிறிது உயரம் குழாயினுள் ஏறி நிற்கும். ஒரு நீண்ட கம்பியை வளைத்து அதன் ஒரு நுனி தண்ணீரின் மட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்படி வைக்கவேண்டும். நீரின் பிறைத்தலம் (Meniscus) குழிவு வடிவுள்ளதாய் (Concave) இருக்கும். மேலும் கீழுமாகவும், பக்கவாட்டமாகவும் நகரக்கூடிய ஒரு மைக்கிராஸ்கோப் (travelling microscope) உதவியினுல் நுண்புழைக் குழாயில் நீர் எவ்வளவு உயரம் ஏறியிருக்கிறதென்பதையும், குழாயின் விட்டத்தையும் அளக்கலாம். மைக்கிராஸ்கோப்பைச் சரிசெய்து அதன் படுக்கை மட்டம் கிராஸ்வயர் (Crosswire) நீர் மட்டத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் கம்பியின் நுனியைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது, மைக்கிராஸ்கோப்பின் செங்குத்தான கோலில் அளவைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

அளவு $\frac{1}{100}$ செ.மீ. சுத்தமாக இருக்கவேண்டும். மைக்கிராஸ் கோப்பை உயர்த்தி மைக்கிராஸ்கோப்பின் படுக்கை மட்ட கிராஸ் வயர் குழாயினுள் உள்ள நீர்மட்டத்தின் படுக்கைத் தளத்தை ஒட்டியிருக்கும்பொழுது அளவு எடுக்கவேண்டும்.

இந்த இரண்டு அளவுகளுக்குள்ள வித்தியாசம் h என்று கொள்ளவும். பின்னர் மைக்கிராஸ்கோப்பின் உதவியால் கண்ணுடிக் குழாயின் விட்டத்தை அளக்கவும். படுக்கையின் விட்டத்தையும், செங்குத்தான விட்டத்தையும் அளந்து சராசரி மதிப்பைக்



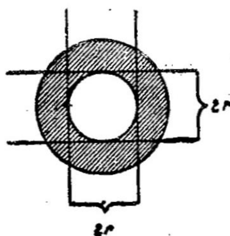
படம் 40

கண்டுபிடிக்கலாம். அதிலிருந்து கண்ணாடிக்குழாயின் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம். அல்லது கண்ணாடிக்குழாயின் பாதரசத்தை எடுத்து, அதன் நீளத்தையும் கனத்தையும் கண்டுபிடித்து ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$m = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot d$$

எனவே, $r = \sqrt{\dfrac{m}{\pi . l . d}}$

பின் $T = \dfrac{r \cdot h \cdot g}{2}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திப் பரப்பு இழுவிசையைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம் 40 (a)

திரவத்துளி முறை (Drop-weight Method)

நுண்குழாயின் வழியே சொட்டும் திரவத் துளிகளின் நிறையை அளந்து பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடலாம். குழாயின் நுனியிலிருந்து துளி விடுபடும்போது அதன் ஆரம் குழாயின் ஆரத்திற்குச் சமமெனக் கொள்ளலாம். துளியின் நிறையைப் பரப்பு இழுவிசை ஈடு செய்கிறது. பரப்பு இழுவிசை $= 2\pi \cdot r \cdot T \cdot$ இது துளியின் எடைக்கும் குமிழின் உள்விசைகதும் சமம். எனவே, நுண்குழாயின் வழியே வெளிவரும் 50 துளிகளை ஏற்கனவே

நிறை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பாத்திரத்தில் ஏந்தி நிறுத்தி, ஒரு துளியின் எடை m கிராம் என்று கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$2\pi \cdot r \cdot T = mg + \pi \cdot r^2 \cdot \frac{T}{r}$$

எனவே, $T = \frac{mg}{\pi . r}$



படம் 41

லார்டு ராலி (Lord Raleigh) என்பவர் இத்துளிகள் நிமிடத்திற்கு ஒன்று அல்லது இரண்டாக ஏற்பட வேண்டுமென்றும், துளி கீழே விழும்போது அதன் ஆரம் குழாயின் ஆரத்திற்குச் சமமாக இராதென்றும் கூறி ஒரு திருத்தத்தை ஏற்படுத்தினர்.

அதன்படி $T = \frac{m \cdot g}{3 \cdot 8 \cdot r}$ என்று கொள்ளவேண்டியது. மற்றும் கண்ணாடிக் குழாயின் வெளிவிட்டத்தை அளந்து வெளி ஆரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். கண்ணாடிக் குழாய் பாரஃபின் (Paraffin wax) மெழுகினல் தோயப்பட்டிருந்தால் கண்ணாடிக் குழாயின் உள் விட்டத்தை அளந்து உள் ஆரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

இரண்டு திரவங்களுக்கிடையே பரப்பு இழுவிசை (Interfacial Surface Tension)

குழாயின் நுனியிலிருந்து விடுபடும் தண்ணீர்த் துளிகள் ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள வேறொரு தண்ணீருடன் கலவாத திரவத்தில் விழும்படி செய்தால், தண்ணீருக்கும் திரவத்திற்குமிடையே உள்ள பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடலாம்.

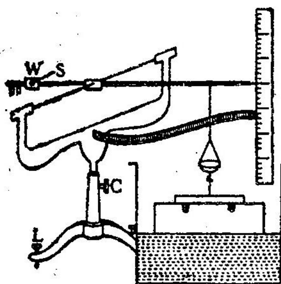
$T = \frac{m \cdot g}{3 \cdot 8 \cdot r}\left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right)$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி

T-ஐக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதிலே d_1 என்பது கனமான திரவத்தின் அடர்த்தி கனம்; d_2 என்பது இலகுவான திரவத்தின் அடர்த்தி கனம்.

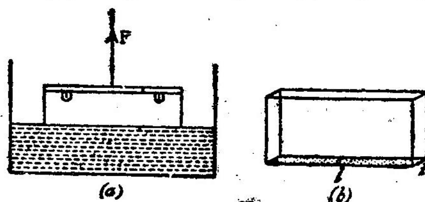
சியர்ல்ஸ் இழுவைத் தராசு (Searle's Torsion Balance)

ஒரு முக்காலிச் சட்டத்துடன் பிணைக்கப்பட்ட ஒரு ப வடிவமுள்ள உலோகச் சட்டத்தின் இரு முனைகளையும் பொருத்தி ஒரு கம்பி உள்ளது. இக்கம்பியின் மத்தியிலிருந்து இரும்பினலான ஒரு மெல்லிய சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இச்சட்டத்தின் ஒரு நுனியில் ஒரு பளுவும் (Weight), மற்றொரு நுனியில் ஒரு தராசுத்

தட்டும் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. முக்காலியின் ஒரு பாகம் மேலும் கீழும் நகரும் வண்ணம் ஒரு மரை பொருத்தப்பட்டிருக் கிறது. தராசுத் தட்டிலிருந்து ஒரு கண்ணாடித் தகடு தொங்கவிடப் பட்டுக் கண்ணாடித் தகட்டின் நீண்ட பாகம் ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் மட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண் டிருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். அப்படி அது தொட்டுத் தண்ணீரின் பரப்பினுல் இழுக்கப்பட்டிருக்கும் போது மெல்லிய சட்டத்தின் நுனி முக்காலியுடன் பொருத்தப்பட்ட ஓர் அளவுக் கோலின் ஒரு குறியைத் தொடும்பொழுது, அந்தக் குறியைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர்த் தண்ணீருள்ள பாத் திரத்தை எடுத்து விட்டால் சட்டத் தின் நுனி மேல் ஏறிவிடும். தராசுத் தட்டில் எடைகளைப் போட்டு மறுபடியும் சட்டத்தின் நுனி பழைய குறிக்கு வரும்படி செய்ய



படம் 42



படம் 43

வேண்டும். கண்ணாடித் தகட்டின் நீளம் l செ.மீ., கனம் t செ.மீ., போட்ட எடை m கிராம் என்றால், $m \cdot g = 2(l + t) \cdot T$.

எனவே, $$T = \frac{m \cdot g}{2(l + t)}$$

மேற்கண்ட பரிசோதனை செய்யும்போது சட்டத்தின் மற்றொரு நுனியிலுள்ள பளுவின் (Weight) இடத்தைச் சரிசெய்துகொள்ள வும், ஒரு காலில் பொருத்தப்பட்ட திருகியைச் சரி செய்து கொள்ளவும் வேண்டும்.

பரப்பு இழுவிசையும் வெப்ப நிலையும் : ஒரு திரவத்தின் வெப்ப நிலையை அதிகரித்தால் அதன் பரப்பு இழுவிசை குறைந்து

கொண்டே வரும். திரவம் அலதி வெப்ப நிலையை (Critical Temperature) அடைந்ததும் அதன் பரப்பு இழுவிசை முற்றிலும் மறைந்துவிடும். இதனால் திரவத்தின் பரப்பு அதன் ஆவியினின்றும் தெளிவாக வேறுபட்டு வரையறுக்க முடியாததாகிவிடும். இதை வெப்ப இயக்கவியற் கணக்கீடுகளால் கெல்வின் (Kelvin) பிரபு விளக்கியுள்ளார்.

நீரைப் பொருத்தமட்டில் $T_t = T_0 - 0{\cdot}156 \cdot t$ என்ற சமன்பாட்டை அறியவேண்டும். $T_0 = 75{\cdot}8$ டைன்ஸ்/செ.மீ. பொதுவாக $T_t = T_0\ (1 - \alpha t)$ என்பது விதியாகும்.

பயன்கள் : எண்ணெய் விளக்குகளில் திரிகளில் எண்ணெய் மேலேறுவது நுண்புழையால்தான். உடலிலுள்ள நுண்புழைகள் வழியாக இரத்தம் பாய்வது பரப்பு இழுவிசையின் பயனே. சவுக்காரம் அழுக்கை நீக்குவதிலும் பரப்பு இழுவிசை ஓரளவு உதவுகிறது. உலோகவியலில் மிதப்பு முறையால் உலோகங்களைப் பிரித்தெடுப்பதிலும் பரப்பு இழுவிசை பயன்படுகிறது.

பரப்பு இழுவிசையும் கலவையும் : ஒரு பொருளைத் திரவத்தில் கரைத்தால் கலவையின் பரப்பு இழுவிசை அதிகரிக்கும் அல்லது குறையும். நீரில் ஆல்கஹால் அல்லது எண்ணெய் கலந்தால், பரப்பு இழுவிசை அதிகரிக்கும் மற்றும் ஓர் ஆல்கஹால் துளியை நீரினால் நனைக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டில் வைத்தால் தண்ணீரையெல்லாம் ஆல்கஹால் இழுத்துவிடும். நீரைவிடக் கலவையின் பரப்பு இழுவிசை குறைவாகும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு நுண்குழாயின் விட்டம் 0·3 மில்லி மீட்டர். இதைத் தண்ணீரில் செங்குத்தாக அமுக்கினால் தண்ணீர் எவ்வளவு உயரம் ஏறும்? நீரின் பரப்பு இழுவிசை = 72 டைன்ஸ் / செ.மீ.

$$T = \frac{h \cdot r \cdot d \cdot g}{2}$$

$$\therefore\ h = \frac{2 \cdot T}{r \cdot d \cdot g} = \frac{2 \times 72}{0{\cdot}015 \times 1 \times 980}$$

$$= 9{\cdot}78 \text{ செ.மீ.}$$

2. இரண்டு செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு சவுக்காரக் குமிழ் ஏற்படுத்த எவ்வளவு வேலை செய்யவேண்டும்?

சவுக்காரப் பரப்பு இழுவிசை = 25 டைன்/செ.மீ.
சவுக்காரக் குமிழின் பரப்பு = $2 \times 4\pi \cdot r^2 = 8 \cdot \pi \cdot r^2$
வேலை அளவு = பரப்பு × பரப்பு இழுவிசை
$= 8 \cdot \pi \cdot r^2 \times T$
$= 8 \times \frac{22}{7} \times 2 \times 2 \times 25$
$= 2514$ எர்குகள்.

3. 0·4 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு நீர்த்துளி 125 சிறிய துளி களாக உடைபடுகிறது. பரப்பு இழுவிசையால் ஏற்படும் வேலை யின் அளவைக் குறிப்பிடுக.

புதிய ஒரு துளியின் ஆரம் x என்று கொண்டால்.

$$\frac{4}{3}\pi \cdot (04)^3 = 125 \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot x^3$$

எனவே, $x = \cdot 08$ செ.மீ.

125 துளிகளின் பரப்பு $= 125 \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2$

$= 125 \times 4 \times \frac{22}{7} \times \cdot 08 \times \cdot 08$ ச. செ.மீ.

பெரிய நீர்த்துளியின் பரப்பு $= 4 \cdot \pi \cdot (\cdot 4)^2$

$= 4 \cdot \frac{22}{7} \cdot \cdot 16$ ச. செ.மீ.

அதிகரித்த பரப்பு $= 4 \times \frac{22}{7} \times (\cdot 80 - \cdot 16)$ ச.செ.மீ.

$= \frac{88}{7}(0 \cdot 64)$ ச. செ. மீ.

∴ வேலையின் அளவு $= \frac{88}{7} \times 0 \cdot 64 \times 72$

$= 579 \cdot 3$ எர்குகள்.

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. ஒரு நுண்குழாயின் விட்டம் 0·2 செ. மீ. இதைத் தண்ணீரில் செங்குத்தாக அமிழ்த்தினால் நீர் எவ்வளவு உயரம் ஏறும்? நீரின் பரப்பு இழுவிசை = 72 டைன்ஸ் / செ.மீ. (1·47 செ. மீ.)

2. 0·5 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு நீர்த்துளி 1,000 சிறிய துளிகளாக உடைக்கப்பட்டால் எவ்வளவு வேலை செய்யப்பட வேண்டும்? ஒரு சிறிய துளியினுள் ஏற்படும் அமுக்கம் (Pressure) எவ்வளவு? (5657·5 எர்க்.)

3. 3 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு சவுக்காரக் குமிழ் உண்டாக்க எவ்வளவு வேலை செய்ய வேண்டும்? சவுக்காரப் பரப்பு இழுவிசை = 25 டைன்கள்/செ.மீ. (2120 எர்க்; 3000 டைன்கள்)

4. a, b ஆரமுள்ள இரண்டு சவுக்காரக் குமிழ்கள் ஒன்று சேர்ந்தால் $P(a^3 + b^3 - c^3) = 4T(c^2 - a^2 - b^2)$ என்று நிரூபிக்கவும்.

5. 10 செ.மீ. நீளம், 1·54 செ.மீ. அகலம், 0·2 செ.மீ. கனமுள்ள ஒரு கண்ணாடித் தகடு நீரின் மட்டத்தைத் தொடுகிறது. மொத்த இழுவை எவ்வளவு? $T = 35$ டைன்கள்/செ.மீ. (1530 டைன்கள்)

6. விரவலும் சவ்வூடு பரவலும்
(Diffusion and Osmosis)

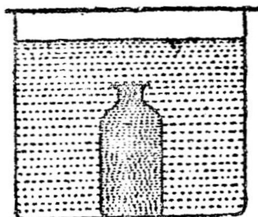
விரவல்

அடர்ந்த மயில்துத்தக் கரைசலை (Copper Sulphate Solution) ஒரு சீசாவில் நிரப்பி அதை ஒரு நீள் உருளைக் கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் வைத்துக் கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் மெதுவாக நீரை ஊற்றி அதை நிரப்பினால் முதலில் கண்ணாடிச் சீசாவிலுள்ள மயில்துத்தக் கரைசலின் பரப்பும், கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் பரப்பும் நன்றாகத் தெரியும். பின்னர் நேரம் ஆக ஆக மயில்துத்தக் கரைசல் நீரோடு கலந்து எல்லாமே மயில்துத்தக் கரைசலின் நிறத்தையடையும். கரைக்கப்பட்ட பொருள், அடர்த்தி மிக்க இடத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த இடத்திற்கு நகருகிறது. கரைசல் அடர்த்தி ஒரே நிலையடையும் வரை இந்த நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. ஒரு நீண்ட ஜாடியில் (Jar) பிராணவாயு அல்லது கரியமில வாயுவை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் ஒரு நீண்ட ஜாடியிலுள்ள ஹைட்ரஜனைத் (Hydrogen) தலைகீழாக வைத்துப் பொருத்தினால் ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் மற்றொரு வாயுவின் மூலக்கூறுகளோடு புவியீர்ப்பையும் மீறிச் சீரான கலவை ஏற்படும்வரை கலந்து பரவுகின்றன. வெளியழுத்தத்தின் உதவியில்லாமல் கரைசலின் மூலக்கூறுகள் அடர்த்தி மிக்க இடங்களிலிருந்து அடர்த்தி குறைவான இடங்களுக்கு நகருவதற்கும், ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் மற்றொரு வாயுவின் மூலக்கூறுகளோடு கலப்பதற்கும் விரவல் அல்லது கலந்தூடு பரவுதல் என்று பெயர். திரவங்களில் விரவல் மெதுவாக நடைபெறுகிறது. வாயுக்களில் விரவல் வேகமாக நடைபெறுகிறது. வாயுக்களில் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் அதிகமாயிருப்பதால் அவைகள் எளிதில் நகருகின்றன. திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் நெருக்கமாக இருப்பதால், மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள கவர்ச்சி அதிகமாயிருக்கிறது. எனவே, திரவங்களின் மூலக்கூறுகள் எளிதில் நகருவதில்லை.

கிரஹாம் விதிகள்

திரவங்களிடையே விரவலைப்பற்றி 1851-ல் கிரஹாம் என்பவர் ஆராய்ந்தார். ஒரு சீசாவில் நிறம் பொருந்திய கரைசலை நிரப்பி,

அதை ஒரு கண்ணாடித் தகட்டினால் மூடி, ஒரு பெரிய கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் வைத்துப் பாத்திரம் நிறைய நீரை ஊற்றிக் கண்



படம் 44

ணாடித் தகட்டை எடுத்துவிட்டார். குறிப்பிட்ட நேரங்களில் கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலுள்ள கரைசலை ஒரு பிப்பெட் (Pipette) மூலமாக எடுத்து அதன் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடித்தார். பல கரைசல்களைப் பல அடர்த்தித் தன்மைகளில் ஆராய்ந்து கீழ்க்கண்ட உண்மைகளை அறிந்தார்:

1. விரவல் வீதம் கரைசலின் தன்மையைப் பொறுத்தது. ஒரே அடர்த்தியுள்ள பல கரைசல்கள் பல விகிதங்களில் விரவல் செய்கின்றன.

2. விரவல் வீதம் கரைசலின் அடர்த்திக்கு நேர்விகிதமாயிருக்கிறது.

3. வெப்பநிலை அதிகரித்தால் விரவல் வீதம் அதிகரிக்கிறது.

4. விரவுதலினால் கலவையிலுள்ள திடப்பொருளின் வீதம் மாறுகிறது.

5. ஆல்புமென், பசை, ஜிலடின் போன்ற கூழ்களை (Colloids) விடச் சர்க்கரைக் கரைசல், உப்புக் கரைசல், கனிம உப்புக் கரைசல்களாகிய படிவப்பொருள்களின் (Crystalloids) விரவல் வேகமாக நடைபெறுகிறது.

ஃபிக்ஸ் விதிகள் (Fick's Laws)

விரவலைப் பற்றிக் கிரஹாம் ஒரு விதியமைக்க முடியவில்லை. ஃபூரியர் (Fourier) என்ற விஞ்ஞானி வெப்பக் கடத்தலைப் பற்றி அறிந்த விதியை அனுசரித்து 1855ஆம் ஆண்டு ஃபிக்ஸ் என்பவர் கிரஹாம் செய்த பரிசோதனைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒரு விதியை ஏற்படுத்தினார்.

ஒரு கரைசலில் ஒரு திசையில் விரவுதலின் விகிதம் கரை பொருளின் அடர்த்தி வித்தியாசத்தைப் பொறுத்திருக்கும். c_1, c_2 என்பவை கரைசலின் இரண்டு இடங்களில் அடர்த்தி யென்றும், இந்த இடங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் d என்றும், குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு a என்றும், இதனிடையே t விநாடிகள் நேரத்தில் m கிராம் கரைபொருள் விரவினால், ஃபிக்ஸ் விதிப்படி

$$\frac{m}{a \cdot t} \propto \frac{c_1 - c_2}{d}$$

எனவே, $m = R \cdot a \cdot \frac{(c_1 - c_2)}{d} \cdot t$

R என்பது மாறிலி, இதற்கு விரவல் எண் (Coefficient of Diffusion) என்று பெயர்.

ஓர் அலகு பரப்பின் வழியாக ஓர் அலகு அடர்த்தி நிலைச்சரி வில் ஒரு விநாடியில் விரவும் பொருளுக்கு விரவல் எண் என்று பெயர்.

கலந்தூடு பரவுதலும் வெப்பக் கடத்தலும்

ஒரு பொருளின் வெப்பக் கடத்தல் எண் என்பது அப் பொரு ளின் ஓர் அலகு பரப்பின் வழியாக ஓர் அலகு வெப்ப நிலைச்சரிவில் ஒரு விநாடியில் பாயும் வெப்பமாகும். ஒரு பொருளின் விரவல் எண் என்பது அப் பொருளின் ஓர் அலகு பரப்பின் வழியாக ஓர் அலகு அடர்த்தி சரிவில் ஒரு விநாடியில் பரவும் பொருளின் எடையாகும்.

$$R = m/at \Big/ \frac{c_1 - c_2}{d} \text{ (திரவக் கலந்தூடு பரவுதல்)}$$

$$K = \frac{Q}{at} \Big/ \frac{\theta_1 - \theta_2}{d} \text{ (வெப்பக் கடத்தல்)}$$

நிலையான சமநிலையில் (Steady state) இரண்டு இடங்களுக் கிடையேயுள்ள அடர்த்தி வித்தியாசமும், இரண்டு இடங்களுக் கிடையேயுள்ள வெப்பநிலை வித்தியாசமும் மாறாமலிருக்கும். மற்றும் வெப்பக் கடத்தல் சம்பந்தமான எல்லா விதிகளும் விரவு தலுக்கும் பொருந்தும்.

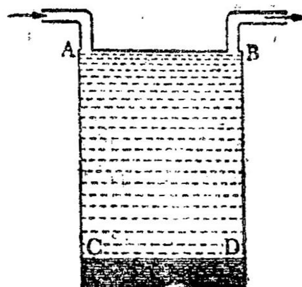
அடர்த்தியைக் காணும் முறைகள்

விரவல் எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கத் திரவத்தின் பல பகுதிகளில் அதன் அடர்த்தியை அளக்கவேண்டியிருக்கிறது. பிப்பெட் மூல

மாகக் கரைசலை எடுத்து அதன் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிப்பது உசிதமன்று. மற்றும் பிப்பெட் மூலமாகக் கரைசலை எடுக்கும் போது கரைசலின் நிலை மாறுபடும். கெல்வின் பிரபு (Lord Kelvin) பலவிதமான அடர்த்தியுள்ள பல கண்ணாடிக் கூடுகளைக் (Beads) கரைசலில் மிதக்கவிட்டு அவைகள் திரவத்தில் இருக்கும் இடங்களைப் பார்த்துக் கரைசலின் அடர்த்தியைக் காண வழிவகுத்தார். விரவுதல் நடைபெறும்பொழுது சில கண்ணாடிக் கூடுகள் மேலே எழும். அவைகளின் இடங்களைக் குறித்துக்கொண்டு அந்தந்த இடங்களில் கலவையின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்த முறையிலுள்ள குறைபாடு என்னவென்றால், நீர்க்குமிழிகள் கண்ணாடிக் கூடுகளை யொட்டிக் கொள்வதும், கரையும் பொருள்கள் அவைகளின்மீது படிவதுமாகும். எனவே, வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. கலவையின் பல தட்டுகளில் ஒளி விலகல் எண்ணைக் (Refractive Index) கண்டுபிடித்தும், வெபர் (Weber) முறைப்படி மின்னழுத்த வித்தியாசத்தைக் கண்டு பிடித்தும், கிளார்க் முறைப்படி ஏணியின் குறுக்கீட்டு வரிகளைக் (Interference Fringes) கண்டுபிடித்தும், சகேரி மீட்டர் (Sacchari meter) மூலமாகவும் அடர்த்தி வித்தியாசத்தை அளக்கலாம்.

விரவல் எண் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு நீண்ட கண்ணாடி ஜாடியின் அடிப்பாகத்தில் மிக அடர்ந்த பூரித (Saturated) கரைசலை எடுத்து அதனுள் கரைபொருளின்



படம் 45

சில துண்டுகளைப் போடவும். இதனால் *CD* என்ற பகுதியில் கரைசலின் அடர்த்தி ஒரே மாதிரியாகவேயிருக்கும். கண்ணாடி ஜாடியின் மேல்பாகத்தில் தண்ணீர் வருவதற்கும் செல்வதற்கும் ஏற்றபடி இரண்டு பக்கமும் துவாரமுள்ள கண்ணாடிக் குழாய்கள்

பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. கரைசலின் கீழ்ப்பாகத்தை எந்த விதத்திலும் பாதிக்காத முறையில் A வழியாகத் தண்ணீர் உட்சென்று B வழியாகத் தண்ணீர் வெளியேற வகை செய்ய வேண்டும். கரைபொருள் கீழ் மட்டத்திலிருந்து மேலே ஊடுருவிச் செல்லும். சிறிது நேரம் கழித்து விரவல் நிலையான நிலையயடையும் பொழுது கரைசலின் ஒரு பகுதியை வடிகுழாய் மூலம் வெளியே எடுத்து அதன் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடித்து t விநாடிகளில் விரவலாகும் பொருளின் எடையைக் (m) கண்டுபிடிக்கலாம். CD, AB என்ற மட்டங்களில் அடர்த்தி c_1, c_2 என்று

கொண்டால், $m = R \cdot A \cdot \frac{c_1 - c_2}{d} \cdot t \cdot$ d என்பது AB-க்கும் CD-க்கும் உள்ள தூரம். A என்பது கண்ணாடி ஜாடியின் வெட்டுப் பரப்பாகும். இதிலிருந்து R-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

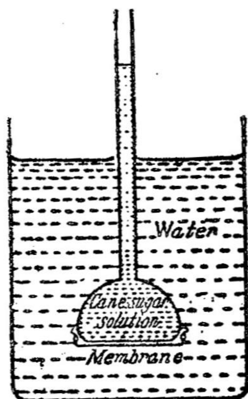
$$R = \frac{m \cdot d}{A \cdot t \cdot (c_1 - c_2)}$$

சவ்வூடு பரவல்
(Osmosis)

இரண்டு பாய்மங்களிடையே உள்ள ஒரு சவ்வின் ஊடே அப் பாய்மங்கள் பரவிச் செல்வதற்குச் சவ்வூடு பரவல் என்று பெயர். திரவங்களும் வாயுக்களும் இப் பண்புடையவை. கீழ்க்கண்ட பரிசோதனை இப் பண்பை விளக்கும்:

நீளமான தண்டுடைய புனலில் (Thistle Funnel) வாயைத் தோற்காகிதத்தால் (Parchment) மூடி இடைவெளியில்லாமல் கட்டி, அதில் மயில்துத்தக் கரைசலை (Copper Sulphate Solution) ஊற்றித் தண்ணீர்த் தொட்டியில், கரைசலின் மட்டமும் தண்ணீரின் மட்டமும் சமமாக இருக்குமாறு அமுக்கித் தக்கையைக் கொண்டு நேர்குத்தாக இருக்கும்படி நிறுத்தி வைத்தால், நேரம் ஆக ஆகப் புனலின் தண்டில் திரவமட்டம் உயர்ந்துகொண்டே போகும். தொட்டித் தண்ணீரும் சிறிது நீலவண்ணமாய் மாறியிருக்கும். இதிலிருந்து புனலினுள்ளிருந்த துத்தக் கரைசல் தோற்காகிதத்தினூடே புகுந்து தொட்டியிலுள்ள நீரில் பரவியுள்ளது எனத் தெரிகிறது. புனலின் தண்டில் திரவமட்டம் உயர்வதிலிருந்து தொட்டித் தண்ணீரும் தோற்காகிதத்தினுள் புகுந்துள்ளது எனத் தெரிகிறது. எனவே, தொட்டியிலுள்ள தண்ணீரும், புனலிலுள்ள துத்தக் கரைசலும் ஒன்றிலொன்று பரவியிருப்பது தெளிவாகிறது. மேலும், புனல் தண்டிலிருந்து துத்தம் வெளியே

வருவதைவிட அதிக வேகமாகத் தண்டினுள் தண்ணீர் செல்லு கிறதென்றும் விளங்குகிறது. இதைப் போலவே இரண்டு வாயுக் கள் நுண்ணிய துவாரமுள்ள பொருளால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும்



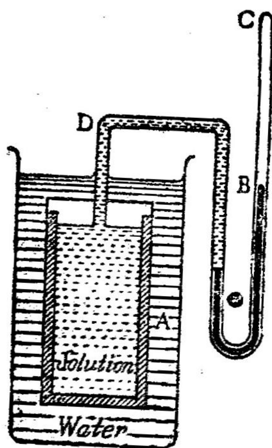
படம் 46

போது ஒன்றிலொன்று பரவியிருக்கும். இவ்வாறு இரு பாய் மங்கள் சவ்வினூடே பரவி ஒன்றிலிருந்து வியாபித்திருத்தல் சவ்வூடு பரவல் ஆகும். தோற்காகிதத்திற்குப் பதிலாகச் சவ்வைப் பயன்படுத்தினல், அதன் வழியாகத் தண்ணீர் அதிக விரைவாகச் செல்லும். துத்தம் மிகவும் மெதுவாகவே செல்ல முடியும்.

தொட்டியிலுள்ள நீரைச் சவ்வினூடே தள்ளும் அழுத்தம் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் எனப்படும் (Osmotic Pressure). சவ்வி னூடே நீரைத் தள்ளும் இவ்வழுத்தமும், தண்டில் ஏறி நிற்கும் திரவத்தின் நீரியல் அழுத்தமும் சமமாகும் வரையில்தான் தண்டின் திரவமட்டம் உயரும்.

அபே நோலேட் (Abbe Nollett) என்பவர் 1748-ல் சவ்வூடு பரவலைப்பற்றி ஆராய்ந்தார். அவர் தம்முடைய பரிசோதனை யில் சர்க்கரைக் கரைசலைப் பயன்படுத்தினர். பின்னர், விஞ்ஞானிகள் கரைபொருளை (Solute) ஊடுருவிச் செல்லவிடா மல் கரைப்பானையே (Solvent) செல்லவிடுந்தன்மையுடைய ஒரு பொருளைக் கண்டுபிடிக்க முயன்றனர்கள். தாமிர அயச் சயனைடு (Copper - Ferrocyanide) இத் தன்மையுடையது எனக் கண்டனர்.

நுண்ணிய துவாரங்களையுடைய நுண்துளைக் கலத்தில் (Porous pot) மயில்துத்தக் கரைசலை (1000 க.செ.மீ. தண்ணீரில் 2·5 கிராம்) எடுத்துக்கொண்டு, அதைக் கழுத்து மட்டம் வரையில் பொட்டாசிய அயச் சயனைடுக் கரைசலில் (Potassium Ferro-cyanide) (1000 க.செ.மீ. நீரில் 2·1 கிராம்) அமுக்கி வைக்க இரண்டு கரைசல்களும் மண் சுவருக்குள் சந்தித்துச் செயல்பட்டுத் துவாரங்களில் தாமிர அயச் சயனைடைத் தாங்கும்படி செய்யும். இக் கலத்தை வெளியிலெடுத்துச் சுத்தமான தண்ணீர் விட்டுக் கழுவிச் சர்க்கரையின் அடர் கரைசலால் நிரப்பிக் குறுகிய குழாயைத் தக்கையிற் செருகி அத் தக்கையால் கலத்தின் வாயைச் செவ்வையாய் மூடித் தக்கையின் வெளிப்பாகத்தில் மெழுகு தடவி, அவ்வமைப்பைத் தண்ணீருக்குள் அமுக்கி ஓரிடத்தில் வைத்தால், குழாயில் திரவம் கொஞ்சங் கொஞ்சமாக ஏறிக்கொண்டே வரும். சில நாள்களில் திரவம் ஒரு மட்டத்திற்கு வந்து, அதன் பிறகு மேலே செல்லாது. இந் நிலையிலேயே பல நாள்கள் வரையில் இருக்கும். இப்போது கலத்தினுட்புறத்தில் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். இந்த அழுத்தம், தண்ணீர் மட்டத்திற்கும் குழாயிலுள்ள திரவ மட்டத்திற்குமுள்ள உயரமான கரைசலின் அழுத்தத்திற்குச் சமம். கலத்தைத் தண்ணீரில் அமுக்கி வைக்காமல், கலத்திலுள்ள கரைசலைவிட அதிக அடர்த்தியுள்ள சர்க்கரைக் கரைசலில் அமுக்கி வைத்தால் கலத்திலிருந்து தண்ணீர் வெளியேறும். பெஃபர் (Pfeffer), பெர்கலி (Berkeley), ஹார்ட்லி (Hartly) முதலியோர் தாமிர அயச் சயனைடு படிந்த கலத்தைப் பயன்படுத்தி ஆராய்ச்சிகள் செய்தனர்.



படம் 47

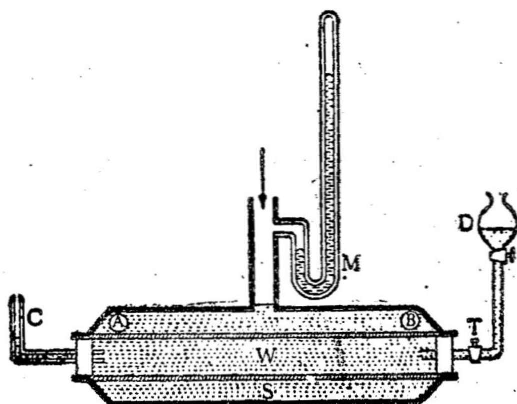
பெஃபர் பரிசோதனை

பொட்டாசிய அயச் சயனைடு கரைசல், மயில்துத்தக் கரைசல் இவைகள் செயல்பட்டு ஏற்படும் தாமிர அயச் சயனைடு *A* என்னும் ஒரு நீளமான மண் பாத்திரத்திலுள்ள நுண்ணிய துவாரங்களிடையே தங்கும்படி செய்யவேண்டும். இப் பாத்திரத்தில் சர்க்கரைக் கரைசலை நிரப்பி, அழுத்தத்தை அளக்கக்கூடிய பாதரசம் ஊற்றப்பெற்ற ஒரு மூடிய U-குழாய் (*CBD*) அழுத்தமானி

யைப் பொருத்த வேண்டும். பின்னர் மண் பாத்திரத்தைத் தண்ணீர் நிறைந்த ஒரு பாத்திரத்தில் அமுக்கி வைக்க வேண்டும். U-குழாயில் காற்றுக் கம்பத்தின் நீளத்தையும் (*BC*) பாதரச மட்டங்களின் வித்தியாசத்தையும் அளந்துகொள்ள வேண்டும். தாமிர அயச் சயனேடு வழியாக நீர் ஊடுருவிச் செல்லும். ஆனால், சர்க்கரைக் கரைசல் செல்லாது. எனவே, வெளிப் பாத்திரத்தி லுள்ள நீர் மண் பாத்திரத்தின் வழியாக உள்ளே சென்று பாத ரசத்தின் மட்டத்தைக் கீழே அழுத்த, காற்றுக் கம்பத்தின் நீளம் குறையும். U-குழாயில் பாதரச மட்டங்களின் வித்தியாசம் அதிகப்படும். இவைகளை அளந்து சவ்வூடு பரவலழுத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

பெர்கலி, ஹார்ட்லி பரிசோதனை

பொட்டாசியம் அயச் சயனேடு கரைசல், மயில்துத்தக் கரைசல் இவைகளிடையே செயல்பட்டு ஏற்படும் தாமிர அயச் சயனேடு



படம் 48

படியப்பட்டு *AB* என்ற நுண்ணிய துவாரங்களுள்ள ஒரு நீண்ட போர்சலின் (Porcelain) குழாயைப் படுக்கையாக வைத்து அதைச் சுற்றி ஓர் உலோகத்தினுலான ஓர் உறை குழாயைப் பொருத்த வேண்டும். போர்சலின் குழாயின் இரு பக்கங்களிலும் காற்றுப் புகாதபடி இரு தக்கைகளைப் பொருத்தி அதனுள் நேர் கோணத்தில் வளைக்கப்பட்ட இரண்டு கண்ணாடிக் குழாய்களைப் பொருத்த வேண்டும். ஒரு கண்ணாடிக் குழாயில் ஒரு திறப்புக்

குழாயும் (T) ஒரு புனல் குழாயும் பொருத்தப்பட வேண்டும். இன்னொரு கண்ணாடிக் குழாயில் இருபக்கமும் திறந்த ஒரு நுண் புழைக் குழாய் பொருத்தப்பட வேண்டும். கரைசல் உலோகக் குழாயின் மேல்பாகத்திலுள்ள திறந்த வழியாக உலோகக் குழாயில் ஊற்றப்பட வேண்டும். புனல் குழாய் வழியாகத் தண்ணீர் போர்சலின் குழாயில் நிரப்பப் பெற்றுத் திறப்புக் குழாயை மூடிவிட வேண்டும். ஒரு மூடிய குழாயினுலான ஓர் அழுத்தும் பம்ப்பை (Compression pump) உறை குழாயோடு பொருத்திப் போர்சலின் குழாயிலுள்ள நீர் உறை குழாயிலுள்ள கரைசலில் சேராதபடி, தகுந்த அழுத்தத்தை ஏற்படுத்த வேண்டும். இந்த அழுத்தத்தை அழுத்தமானி உதவி கொண்டு அளந்து கொள்ளலாம். இந்த அழுத்தமே சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமாகும். நீர் கரைசலோடு சேராமலிருப்பதால், கரைசலின் அடர்த்தி கனம் மாறுமல் இருக்கிறது. எனவே, இந்த முறை சிறந்தது.

சவ்வூடு பரவல் விதிகள்

1877ஆம் ஆண்டு பெஃபர் பல பரிசோதனைகளின் மூலம் சில உண்மைகளைக் கண்டுபிடித்தார்.

1. வெப்பநிலை மாருமலிருக்கச் சவ்வூடு பரவலழுத்தம், கரைசலின் அடர்வுக்கு (Concentration) நேர்விகித சமமாக மாறுகிறதென்று கண்டுபிடித்தார்.

m கிராம் கரைபொருள் (Solute), v க.செ.மீ. கரைப்பானில் (Solvent) கரைத்தால், $c = m \cdot$ எனவே $p \propto \frac{m}{v}$

அல்லது $p \cdot v =$ மாறிலி (Constant).

இந்த விதி வாயுக்களின் அழுத்தத்தைப் பற்றிய பாயிலின் விதியை (Boyle's Law) ஒத்திருக்கிறது.

2. அடர்வு மாருதபோது நீர்த்த கரைசலின் (Dilute Solution) சவ்வூடு பரவலழுத்தமானது தனி வெப்பநிலையின் (Absolute temperature) விகிதப் பொருத்தத்திலிருக்குமென்று கண்டு பிடித்தார்.

$$P \propto T$$

இந்த விதி வாயுக்களின் அழுத்தத்தைப்பற்றிய சார்லஸ் (Charles) விதியை ஒத்திருக்கிறது.

எனவே, $P \cdot V = K \cdot T$. இதில் K என்பது மாறிலி.

3. ஒரே கரைப்பானில் கரைக்கப்பட்ட பல கரைபொருள் களினாலான சமபரிமாணமுள்ள கரைசல்கள் ஒரே வெப்ப நிலையில் ஒரே அளவான சவ்வூடு பரவலழுத்தங்களை ஏற்படுத்தினால் அவைகளில் ஒரேயளவுள்ள கிராம் மூலக்கூறுகள் (Gram molecules) கரைக்கப்பட்டதாக விருக்கும்.

22·4 லிட்டர் கரைப்பானில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறுகள் அளவு கரைபொருள் 0°C-ல் கரைந்திருந்தால், அதன் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் வாயுமண்டல அழுத்தத்திற்கு (Atmospheric pressure) சமமாகவிருக்கும். 1885-ல் வான்ட் ஹாஃப் (Vant Hoff) என்பவரும் பல உண்மைகளை அறிந்தார். $P \cdot V = K \cdot T$ என்ற சமன்பாடும் வாயுக்களிடையே ஏற்படுத்திய $P \cdot V = R \cdot T$ என்ற சமன்பாடும் ஒரே மாதிரியாகத் தோன்றுகின்றன என்பதை வெளி யிட்டார். மேலும் K என்பது R-க்குச் சமம் என்றும் கண்டு பிடித்தார்.

சவ்வூடு பரவலழுத்தம் வாயுக்களின் அழுத்தத்தைப் போல மூலக்கூறுகளின் தன்மையைப் பொறுத்ததன்று; மூலக்கூறுகளின் அடர்வைப் பொறுத்தது. ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகள் ஒரே அளவு கரைப்பான்களில் கலந்திருந்தால் அவைகள் ஒரே அளவு அழுத்தத்தை உண்டாக்கும்.

ஐசோடோனிக் கரைசல் (Isotonic Solutions)

இரண்டு கரைசல்கள் ஒரே அளவு மூலக அடர்த்தி கொண் டிருந்தால் அவைகளின் சவ்வூடு பரவலழுத்தங்கள் ஒரே அளவுள்ள தாகவிருக்கும். இக் கரைசல்கள் ஐசோடோனிக் கரைசல் எனப் படும்.

சவ்வூடு பரவல் நமது அன்றாட வாழ்க்கையில் நிகழ்வதைக் காணலாம். உலர்ந்த பழங்களைச் சமைக்கும்போது உப்பிடு வதும், அடர்வு மிக்க சர்க்கரைக் கரைசலில் படிகங்களைப் போட்டு வைத்தால் சுருங்கிவிடுவதும், நம் உடலில் உணவுச் சத்து இரத்தத்துடன் கலப்பதும், இரத்தத்திலிருந்து உயிரணுவை யடைவதும், பிராண வாயு இரத்தத்துடன் கலப்பதும் சவ்வூடு பரவலினாலேயேயாகும். மற்றும் நீரில் கரைந்துள்ள உலோகச் சத்துகளைப் பூமியிலிருந்து வேர் மூலம் தாவரங்கள் பெறுவதும் சவ்வூடு பரவலினாலேயேதான். டி வைரீஸ் (De Vries) என்பவர் சில தாவரங்களின் செல்களைப் (Cells) பற்றி ஆராய்ந்தார். இவைகளை நீரில் அமுக்கினால், நீர் இவைகளுக்குள் புகுந்து பருமனாகின்றன. இவைகளை அடர் உப்பு நீரில் அழுத்தினால் இவைகள்

சுருங்குகின்றன. கரைசலின் அடர்வை மட்டுப்படுத்திச் செல்களின் பரிமாணம் மாறுமலிருக்கச் செய்யலாம். இத்தகைய கரைசலை ஐசோடோனிக் கரைசல் என்று சொல்லலாம்.

மின்னற் பகுபொருள்களின் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் (Osmotic Pressure of Electrolytes)

மின்னூற் பகுபொருள்களின் சவ்வூடு பரவலழுத்தம், $PV = KT$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கும் P-யின் மதிப்பைவிட அதிகமாகவே யிருக்கிறது. இதற்குக் காரணம் மின்னூற் பகுபொருளில் ஏற்படும் மாற்றங்களே. சோடியம் குளோரைடை நீரில் கலந்தால், சோடியம் குளோரைடின் சில மூலகங்கள் சோடியம் அயனிகளாகவும், குளோரின் அயனிகளாகவும் பிரிக்கப்படுகின்றன. இந்த அயனிகள் கரைசலில் அங்குமிங்குமாக ஓடிப் பாத்திரத்தின் பக்கங்களில் மோதி அதிக அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு கன செ. மீ. கரைசலில சோடியம் குளோரைடின் x மூலக்கூறுகளில் இருந்து y மூலக்கூறுகள் அயனிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டால் $(x - y)$ மூலக்கூறுகள் பிரிக்கப்படாமலும், பிரிக்கப்பட்ட $2y$ அயனிகளும் சேர்ந்து அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. எனவே, $x - y + 2y$-ம், $x + y$ துகள்கள் (Particles) ஏற்படுத்தும் அழுத்தம், n துகள்கள் ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருப்பதைக் காணலாம். அளவிடப்பட்ட சவ்வூடு பரவலழுத்தம் Po எனவும், கணக்கிடப்பட்ட சவ்வூடு பரவலழுத்தம் Pc எனவும் கொண்டால்,

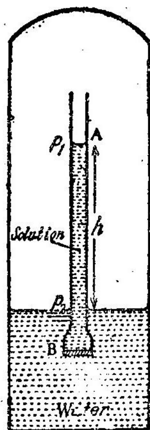
$\frac{Po}{Pc} = \frac{x + y}{x}$ எனக் கொள்ளலாம். இவைகளிலிருந்து $\frac{y}{x}$-ன் மதிப்புப் பிரிகையின் வீதம் (Degree of Dissociation) கண்டு பிடிக்கலாம்.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் ஆவி அழுத்தமும்

ஒரு கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாகவேயிருக்கும். இக் குறைவு கரைசலின சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதமாயிருக்கும்.

AB என்ற ஒரு நீண்ட குழாயின் அடிப்பாகம், பகுதிவிடு சவ்விஞல் (semi permeable membrane) மூடப்பட்டதாகவும் மேல் பாகம் திறந்ததாகவுமிருக்கட்டும். இதில் ஒரு கரைசலைச் சுமார் முக்கால் பாகம் நிரப்பி ஒரு முகவையிலுள்ள (beaker) நீரில் செங்குத்தாக வைக்கவும். முகவை, குழாய் முதலியவைகளை ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தால் மூடி வைக்கவும். சவ்வூடு பரவலழுத்தத்தால் நீர் கரைசல்கொண்ட குழாயில் ஏறி நிலையாக நிற்கும்

பொழுது கரைசலின் உயரம் நீர் மட்டத்திலிருந்து h செ.மீ. என்று வைத்துக்கொள்வோம். கரைசலின் ஆவி அழுத்தம் A-ன் மேல் P_1 என்றும் கரைப்பானின்மீது ஆவி அழுத்தம் P_2 என்றும் கொள்வோம்.



கரைப்பானின் ஆவியின் அடர்த்தி கனம் σ என்றும், கரைசலின் ஆவியழுத்தம் d என்றும் கொள்வோம்.

நிலையான தன்மையில் $P_2 - P_1 = h \cdot \sigma \cdot g$

சவ்வூடு பரவலழுத்தம் $P = h \cdot d \cdot g - h \cdot \sigma \cdot g$

$$P = h \cdot g \cdot (d - \sigma)$$

$$\therefore h \cdot g = \frac{P}{(d-\sigma)}$$

எனவே, $P_2 - P_1 = \sigma \cdot \frac{P}{(d-\sigma)}$

σ-ன் மதிப்பு dஐப் பொறுத்தமட்டில் மிகவும் சிறியது.

படம் 49

எனவே, $P_2 - P_1 = \sigma \cdot \frac{P}{d}$

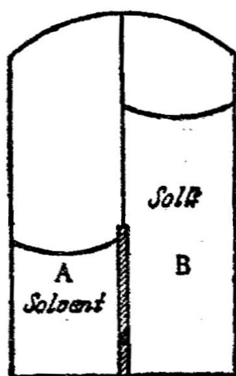
எனவே, ஆவியழுக்தத்தின் குறைவு சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதமாகவிருக்கிறது.

கரைசலின் கொதிநிலை அதிகரிப்பு (Elevation of the boiling point of a solution)

ஒரு திரவம் கொதிக்கும் பொழுது அதன் ஆவியழுத்தம் அதைச் சார்ந்துள்ள வாயு மண்டலத்தின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகவிருக்கும். கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பதால், கரைப்பானின் கொதிநிலையில் கரைசலின் பூரித ஆவியழுத்தம் (Saturated vapour pressure) வெளியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாகவிருக்கும். எனவே, கரைசல் கொதிக்க வேண்டுமானால் அதன் வெப்பநிலை கரைப்பானின் கொதிநிலையைவிட அதிகப்படுத்தப்படவேண்டும். அப்பொழுதுதான் கரைசலின் பூரித ஆவியழுத்தம் வெளியழுத்தத்திற்குச் சமமாகவிருக்கும். எனவே, கரைசலின் கொதிநிலை கரைப்பானின் கொதிநிலையைவிடச் சற்று அதிகமாகவே இருக்கும்.

ஒரு மூடிய பாத்திரம் A, B என்ற இரண்டு பகுதிகளாக ஒரு பகுதிவிடு சவ்வினால் (Semi permeable membrane) பிரிக்கப்

பட்டதாயிருக்கட்டும். A என்ற பகுதியில் கரைப்பான் அதன் கொதிநிலையாகிய $T°$ A-யிலும், B என்ற பகுதியில் கரைசல் அதன் கொதிநிலையாகிய $(T + dT)°$ A-யிலும் இருக்கட்டும். இவைகளுக்கு மேலுள்ள இடத்தில் கரைப்பானின் ஆவியிருக்கிறது. v க.செ.மீ. அளவுள்ள கரைப்பான் பகுதிவிடு சவ்வின் வழியாகக் கரைசல் பக்கம் தள்ளப் படுவதாகக் கொள்வோம். சவ்வூடு பரவலழுத்தம் P-க்கு எதிராகச் செய்யப்படும் வேலை Pv எர்க்ஸ். இந்த v க.செ.மீ. கரைப்பான் ஆவியாக மாற்றப்பட்டால் இதனால் கொள்ளப்படும் வெப்பத்தின் அளவு $H_1 = P \cdot v \cdot L_1$ என்று கொள்வோம். P என்பது கரைப்பானின் அடர்த்தி கனம்; L_1 என்பது $(T + dT)$ வெப்பநிலையில் உள்ளுறை வெப்பம். பின்னர் ஆவியைக் கரைசல் பக்கமிருந்து கரைப்பான் பக்கம் மாற்றவும். ஆவியழுத்தம் இரண்டு அறைகளிலும் சமமாகவிருப்பதால், இதனால் யாதொரு வேலையும் செய்யப்பட வேண்டியதில்லை. இந்த ஆவி நீராக மாற்றப்பட்டால் வெளியிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவு H_2 எனக் கொண்டால், $H_2 = P \cdot v \cdot L$ என்பது $T°$ A-யில் உள்ளுறை வெப்பம். இந்த மாற்றங்கள் திருப்பக் கூடியவை. எனவே, இதன் வேலை ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களையொத்தது. இரண்டாவது வெப்ப இயக்க நிலையியற் சமன்பாட்டின்படி,



படம் 50

$$\frac{H_1}{T + dT} = \frac{H_2}{T} = \frac{H_1 - H_2}{dT} = \frac{P \cdot V}{J \cdot dT}$$

ஆனால், $H_2 = PVL$

எனவே, $$\frac{PVL}{T} = \frac{PV}{J \cdot dT}$$

அல்லது $$dT = \frac{P \cdot T}{J \cdot L \cdot P}$$

கரைசலின் கொதிநிலை உயர்வு சவ்வூடு பரவலழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது. ஒரு கிராம் மூலகப் பொருள் 100 கிராம் நீரில் கலப்பதால் ஏற்படும் கொதிநிலை உயர்வு, மூலகக் கொதிநிலை உயர்வு எனப்படும்.

100 கிராம் கரைப்பானில் ஒரு கிராம் மூலகப் பொருள் கரைந்திருந்தால் அதன் கொதிநிலை 5.34° C அதிகரிக்கும் எனக் கொள்ளலாம். 22,400 க.செ.மீ. கரைப்பானில் ஒரு கிராம் மூலகப் பொருள் கரைந்திருந்தால், 273° A-யில் ஒரு வாயு மண்டல அழுத்தம் ஏற்படும். எனவே, ஒரு கிராம் மூலக அளவுப் பொருள் 100 க.செ.மீ. கரைப்பானில் 373° A-யில் கலந்திருந்தால் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் P எனக் கொண்டால்,

$$\frac{P \times 100}{373} = \frac{1 \times 22400}{273}$$

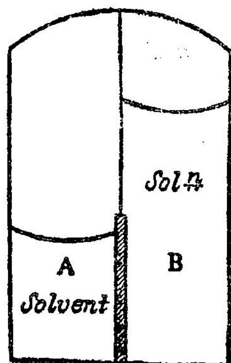
$$P = \frac{224 \times 373}{273} \text{ வாயுமண்டலம்}$$

$$= \frac{224 \times 373}{273} \times \frac{76 \times 13 \cdot 6 \times 980 \times 373}{4 \cdot 18 \times 10^7 \times 540}$$

$$= 5 \cdot 34° \text{ C}$$

கரைசலின் உறைநிலைக் குறைவு (Depression of the freezing point of a solution)

நீரில் உப்பைக் கரைத்தால் அதன் உறைநிலை குறைகிறது. திரவத்தின் உறைநிலையில் கரைசலின் ஆவி அழுத்தமும் கரை பொருளின் ஆவியழுத்தமும் சமம். கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக விருப்பதால், கரைசலின் உறைநிலை கரைப்பானின் உறைநிலையைவிடக் குறைவாகவிருக்கும்.



படம் 51

ஒரு மூடிய பாத்திரம் A, B என்ற இரண்டு பகுதிகளாகப் பகுதிவிடு சவ்வினால் (Semi permeable membrane) பிரிக்கப்பட்டதாகவிருக்கட்டும். A-யில் கரைப்பான் அதன் உறைநிலையாகிய $T°$ A-யிலும் B-யில் கரைசல் அதன் உறைநிலையாகிய $(T - dT)°$ A-யிலும் இருக்கட்டும். இவைகளுக்கு மேலுள்ள இடத்தில் கரைப்பானின் ஆவியிருக்கிறது. பகுதிவிடு சவ்வின் வழியாக V க.செ.மீ. கரைப்பான் தள்ளப்படுவதால் சவ்வூடு பரவலழுத்தத்திற்கு எதிராகச் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு PV எர்க்ஸ். இந்தக் கரைப்பான் உறைந்தால் வெளியிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவு $H_1 = P.V.L_1$. L_1 என்பது $(T - dT)$ வெப்பநிலையில் கரைப்பானின் உள்ளுறை

வெப்பம். உறைந்த திடப்பொருள் B-யிலிருந்து A-க்கு மாற்றப்பட்டு அங்கே உருகட்டும். இதனால் கொள்ளப்படும் வெப்பம் $H_2 = P \cdot V \cdot L$. L என்பது $T°$ A-யில் திடப்பொருளின் உள்ளுறை வெப்பம். இந்த மாற்றங்கள் திருப்பக்கூடியவை. எனவே, இரண்டாவது வெப்ப இயக்கச் சமன்பாட்டுன்படி,

$$\frac{H_1}{J - aT} = \frac{H_2}{T} = \frac{P \cdot V}{J \cdot dT}$$

$$\text{ஆனால்,}\quad H_2 = P \cdot V \cdot L$$

$$\text{எனவே,}\quad \frac{P \cdot V \cdot L}{T} = \frac{P \cdot V}{J \cdot dT}$$

$$\text{அல்லது}\quad dT = \frac{P \cdot T}{P \cdot L \cdot J}$$

எனவே, கரைசலின் உறைநிலைக் குறைவு சவ்வூடு பரவலழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது. ஒரு கிராம் மூலகப்பொருள் 100 கிராம் நீரில் கலப்பதால் ஏற்படும் உறைநிலைக் குறைவுக்கு மூலக உறைநிலைக் குறைவு என்று பெயர்.

100 கிராம் கரைப்பானில் ஒரு கிராம் மூலக உப்புக் கரைந்திருந்தால் அதன் உறைநிலை 18.5°C குறையும்.

0°C-யில் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் = 224 வாயு அழுத்தம்.

$$d\,T = \frac{P \cdot T}{J \cdot P \cdot L}$$

$$= \frac{224 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 980 \times 273}{4{\cdot}2 \times 10^7 \times 80}$$

$$= 18{\cdot}5°\,\text{C}$$

பகுபடுபொருள் கரைப்பானில் (Electrolyte) கரைந்திருந்தால் கொதிநிலையும் உறைநிலையும் மிகவும் பாதிக்கப்படுகின்றன. கொதிநிலை அதிகரிப்பும் உறைநிலைத் தாழ்வும் மிக அதிகமாக விருக்கும் x மூலக்கூறுகளில் y மூலக்கூறுகள் பிரிக்கப்பட்டு, $d\,T$ என்பது கணக்குப்படி கொதிநிலை அதிகரிப்பு அல்லது உறைநிலைத் தாழ்வு எனவும் $d\,T_1$ என்பது பரிசோதனையின் மூலமாகக் கிடைத்த அளவு எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{d\,T_1}{d\,T} = \frac{x + y}{x} = 1 + \frac{y}{x}$$

எனவே, $dT_1 = dT\left(1 + \frac{y}{x}\right)$

dT. dT_1-ன் அளவுகளைத் தெரிந்துகொண்டால்,

$\frac{y}{x}$-ன் மதிப்பைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 20°C-ல் 1% சர்க்கரைக் கரைசலின் சவ்வூடு பரவலழுத்தத்தைக் கண்டுபிடி. சர்க்கரையின் மூலக எடை = 342 கிராம்.

100 க.செ.மீ. நீரில் 1 கிராம் சர்க்கரையானது 34,200 க. செ.மீ.-ல்342 கிராம் சர்க்கரைக்குச் சமம்.

$$\frac{PV}{T} = \text{மாறிலி}$$

இதில் $P = 76$ செ.மீ. பாதரசம்

$V = 22400$ க.செ.மீ.

$T = 273°A$

$$\frac{76 \times 22400}{273} = \frac{P \times 34200}{293}$$

$$\therefore P = \frac{76 \times 22400 \times 293}{34200 \times 273}$$

$= 53 \cdot 42$ செ.மீ. பாதரசம்.

2. 27°C-ல் 500 க.செ.மீ. நீரில் 5 கிராம் உப்புக் கரைசலிருந்தால் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் எவ்வளவு? மூலக எடை = 300.

500 க.செ.மீ.-ல் 5 கிராம் கரைப்பது 30,000 க.செ.மீ.-ல் 300 கிராம் கரைப்பதற்குச் சமம்.

$$PV = RT$$

எனவே, $P \times 30000 = R(273 + 27) = R \cdot 300.$

$$P = \frac{R}{100}$$

மற்றும் $PV = RT$

$1 \times 22400 = R \times 273$

$$\therefore P = \frac{22400}{273 \times 100}$$

$= \cdot 81$ வாயு மண்டலம்

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 25°C-ல் 1% சர்க்கரைக் கரைசலின் சவ்வூடு பரவலழுத்தத்தைக் கண்டுபிடி. (சர்க்கரையின் மூலக எடை = 342 கிராம்)
(53 · 98 செ.மீ.)

2. 20 கிராம் பகாப் பொருள் 500 க.செ.மீ. நீரில் கரைந்திருக்கும்பொழுது 15°C-ல் சவ்வூடு பரவலழுத்தம் = 6 செ.மீ. பாதரசம். $R = 8 \cdot 3 \times 10^7$ எர்க்ஸ் என்றால், மூலக்கூறின் எடையைக் கண்டுபிடி. (1,194 கிராம்)

7. பாகுநிலை
(Viscosity)

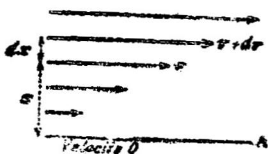
ஒரு பொருளின்மேல் சிறிய சறுக்குவிசை அதாவது, தகைவு (Stress) செயல்பட்டால் அதன் உரு மாறுகிறது. அப் பொருள் மீள்சக்தியுள்ளதாயின், அவ் விசை மறைந்ததும் அது தன் பழைய வடிவத்தை மீண்டும் பெறுகிறது. அது மீள்சக்தியற்றதானால் நிலையாக உருமாறிவிடும். திடப்பொருள்களில் பெரும்பான்மை யானவை மீள்சக்தியுள்ளவை. ஆகையால், அவற்றின் சிறு விசை களால் நிரந்தர உருமாற்றம் நிகழ வழியில்லை. ஆனால், திரவங் களும் வாயுக்களும் இவ்வாறல்ல. அவற்றில் ஒரு சறுக்குவிசை செயல்பட்டால் அது செயல்படும் திரவ அடுக்கு (Layer) மட்டும் மற்ற அடுக்குகளை விட்டு இடம் பெயர்கிறது. இதையே திரவத் தின் பாய்ச்சல் என்கிறோம். இவ்வாறு ஒரு திரவத்தின் பல அடுக்குகளிடையே சார்பு இயக்கம் (Relative motion) நிகழும்போது ஓர் அடுக்கின் இயக்கத்தை அதையடுத்துள்ள அடுக்குச்கு எதிர் கின்றன. இவ்வெதிர்ப்பு திடப்பொருள்களின் இயக்கத்தின்போது செயல்படும் உராய்வை ஒத்தது. ஆகையால், இதைப் பாய்மங் களின் உராய்வு (Fluid friction) எனலாம். இயங்கும் அடுக்கின் வேகத்தை இத் தடை சிறிது சிறிதாகக் குறைத்துக் கடைசியில் அடுக்கின் இயக்கத்தை நிறுத்திவிடுகிறது. இதனால் அதன் இயக்கச் சக்தி மற்ற அடுக்குகளிடையேயும் பரவுகிறது. இத் தடை விசை யின் அளவு திரவத்திற்குத் திரவம் வேறுபடும். இது அப்பொருளின் பாகுநிலை எனப்படும். பொருள்களின் பௌதிகப் பண்புகளில் பாகுநிலையும் ஒன்று.

பாகுநிலை எண் (Coefficient of Viscosity)

ஒரு திரவம் பாயும்பொழுது அதன் வேகம் குறிப்பிட்டதோர் எல்லைக்குள் இருப்பின் அதன் அடுக்குகள் ஒவ்வொன்றும் அதன தன் தளத்திலேயே இயங்கி முன்னேக்கிச்செல்கின்றன. இத்தகைய இயக்கம் நீரோட்ட இயக்கம் (Stream Line Motion) எனப்படும். திரவத்தின் வேகம் இவ்வெல்லையைத் தாண்டிவிட்டால் அதன் அடுக்குகள் இவ்வாறு சீராக இயங்குவதில்லை. அவை ஒன்றோ டொன்று கலந்துவிடுகின்றன. இத்தகைய இயக்கம் கொந் தளிப்பு இயக்கம் (Turbulent Motion) எனப்படும்.

பாயுசெல் விதிகள் (Poiseuille's Laws)

பாய்மப் பொருள்களின் பாகுநிலைச் சோதனைகளில் பொருள் களின் பாய்ச்சல் நீரோட்ட இயக்க நிலையில் நடைபெறுமாறு செய்யப்படும். இத்தகைய சோதனை யொன்றில் ஒரு திரவத்தில் தொலைவி லுள்ள இரு அடுக்குகளில் A என்னும் அடுக்கு V வேகத்தில் செல்வதாகவும், B என்னும் அடுக்கு அசைவற்றிருப்ப தாகவும், இடையேயுள்ள பாய்மங் களின் வேகம் A-லிருந்து அவை உள்ள தொலைவைப் பொறுத்துச் சீராக வேறு படுவதாகவும் கொண்டால் $\frac{dV}{dx}$ என்பது



படம் 52

அடுக்குகளின் வேகச் சரிவு, பொருளின் பிசுபிசுப்பிற்கு எதிராக வேலை செய்து படலங்களின் இயக்கத்தை நிலையாக நிகழ்த்த ஒரு விசை தேவைப்படுகிறது. இதன் அளவு F எனில், இது சரிவு வேகத்திற்கு நேர்பொருத்தமாக இருக்கவேண்டும். எனவே, $F = \eta \cdot \frac{dV}{dx}$. இதில் η என்பது ஒரு நிலை எண். இதுவே பாகுநிலை எண் எனப்படும். $\eta = F \Big/ \frac{dV}{dx}$ வேகச்சரிவு ஒன்று என்றால் $\eta = F$. ஒரு மூலக அளவு வேகச்சரிவு ஏற்படுத்தச் செயல்படும் விசையே பாயுசெல் பாகுநிலை எண் எனப்படும். இது 1 சதுர சென்டி மீட்டருக்கு ஓர் அலகு வேகச் சரிவிற்கு இவ்வளவு டைன் என்று சொல்லப்படும்.

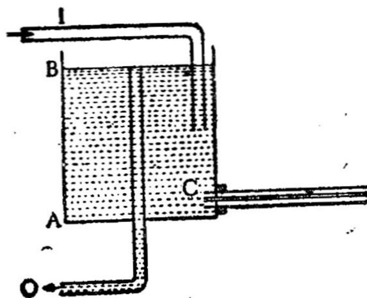
நுண்புழைக் குழாயில் திரவங்களின் இயக்கத்தை முதன் முதலில் விரிவாக ஆராய்ந்தார் பாயுசெல் என்பவர். அவருடைய ஆராய்ச்சியின் விளைவாக ஒரு நுண்புழைக் குழாயின் வழியே ஒரு செகண்டில் வெளிப்படும் திரவத்தின் கன அளவு Q, நுண் புழையின் நீளத்திற்கு (l) எதிர் பொருத்தமாகவும், திரவத்தின் அழுத்தத்திற்கு (P) நேர் பொருத்தமாகவுமிருக்கும் என்ற உண்மைகள் வெளியாயின. இவை பாயுசெல் விதிகள் எனப் படும். இவற்றைப் பின்வரும் சமன்பாட்டில் குறிக்கலாம்.

$$Q = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{P \cdot a^4}{\eta \cdot l}$$

பாகுநிலை எண் கண்டுபிடிக்கப் பரிசோதனை

சீரான துவாரமுள்ள ஒரு நுண்புழைக் குழாய் ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தின் அடியில் அமைந்துள்ள துவாரத்தோடு

படுக்கையாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. பாத்திரத்திலுள்ள திரவத்தின் மட்டம் எப்பொழுதும் சம நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இதற்குத் தண்ணீர் பாத்திரத்தில் ஒரு குழாய் மூலம் விழும்படியாகவும், பின்னொரு குழாய் மூலம் வெளியே போகும்படியாகவும், அமைக்கப்பட வேண்டும். நுண்புழைக் குழாயின் படுக்கைமட்டத்திற்கும், பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் மட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள உயரம் எப்பொழுதும் ஒரே மாதிரியாக விருக்கவேண்டும்.



படம் 53

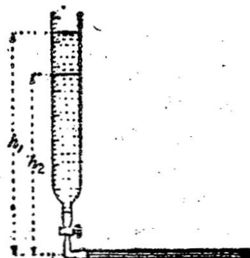
நுண்புழைக் குழாய் வழியாக வடியும் நீரை ஒரு பாத்திரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குச் சேகரிக்க வேண்டும். அதிலிருந்து ஒரு வினாடிக்கு வடியும் நீரின் பரிமாணத்தைக் கணக்கிடலாம். நுண்புழைக் குழாயின் நீளத்தையும் அதன் ஆரத்தையும் அளக்க வேண்டும். ஆரத்தை அளப்பதற்கு நகரும் மைக்கிராஸ்கோப் அல்லது பாதரச முறையைக் கையாளலாம். பாயுசெலின் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ηஐக் கண்டிபிடிக்கலாம்.

$$\eta = \frac{\pi}{8} \frac{P \cdot a^4}{l \cdot V}$$

இதில் $P = h \cdot d \cdot g$ (d என்பது திரவத்தின் அடர்த்தி கனம்)

$$\text{எனவே, } \eta = \frac{\pi}{8} \frac{h \cdot d \cdot g \cdot a^4}{l \cdot V}$$

இப் பரிசோதனையில் நீர் மட்டம் சீராக அமையும்படி செய்யவேண்டும். சாதாரணமாக ஒரு பியூரெட்டைச் (Burette) செங்குத்தாக நிறுத்தி, அதன் அடியிலிருந்து நுண்புழைக் குழாயைப் பொருத்திப் பின்னர் பியூரெட்டில் திரவத்தை ஊற்றி அதன் உயரத்தை (h_1) முதலில் அளந்து கொள்ளலாம்.



படம் 54

பின்னர் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எவ்வளவு திரவம் குழாய் வழியாக வடிகிறதென்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

மறுபடியும் திரவத்தின் உயரத்தை (h_2) அளந்து, சராசரி உயரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{சராசரி உயரம்} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

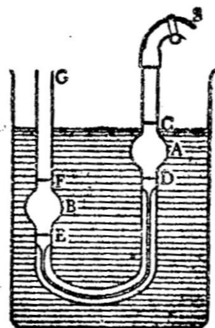
சில சமயங்களில் ஒரு பெரிய கண்ணாடித் தொட்டியின் அடியிலுள்ள ஒரு துவாரத்தில் நுண்புழைக் குழாயைப் பொருத்தியும் இப் பரிசோதனையை நடத்தலாம்.

கரைசல்களின் பாகுநிலை

பொதுவாகத் தூய நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தின் பாகுநிலையைவிட அதில் வேறு பொருள் கரைந்திருக்கும் போதுள்ள பாகுநிலை அதிகமாக இருக்கும். கரைசலின் அடர்த்தி கனம் அதிகமானால் பாகுநிலை எண் அதிகமாகிறது. ஆனால் பொட்டாசியம், சீசியம் போன்ற சில தனிமங்களின் உப்புகளிற் சில நீரில் கரைந்தால் நீரின் பாகுநிலை எண் குறையும்.

பாகுநிலைகளை ஒப்பிடுதல் — ஆஸ்ட்வால்டு மானி (Ostwald's Viscometer)

இரு திரவங்களின் பாகுநிலைகளை ஒப்பிட ஆஸ்ட்வால்டு (Ostwald) ஒரு மானியை அமைத்தார். இது அவர் பெயராலேயே வழங்குகிறது. இதில் ஒரு நுண்புழையும், ஓர் அகன்ற குழலும் ரப்பர்க் குழாயினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரே கன அளவுள்ள இரு திரவங்களை அகன்ற குழலுக்குள் ஒவ்வொன்றாக விட்டு, அவை ஒரு குறியிலிருந்து மற்றொரு குறிக்குச் செல்லும் நேரங்களை அளந்து, அவற்றிலிருந்து பிசுபிசுப்புக் குணகத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இரு திரவங்களின் பிசுபிசுப்புக் குணகங்கள் η_1, η_2 என்றும், அவைகளின் அடர்த்தி கனம் d_1, d_2 என்றும், அவைகள் குறிகளைக் கடக்க எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் t_1, t_2 செகண்டுகள் என்றும் கொண்டால்,



படம் 56

$$\frac{V}{t_1} = \frac{\pi \cdot h \cdot d_1 \cdot g \cdot a^4}{l\eta_1}$$

$$\frac{V}{t_2} = \frac{\pi \cdot h \cdot d_2 \cdot g \cdot a^4}{l \cdot \eta_1}$$

$$\therefore \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2}$$

பாகுநிலையும் வெப்பநிலையும்

திரவத்தின் வெப்பநிலை அதிகரித்தால் அதன் பாகுநிலை எண் குறையும்.

A B என்ற நுண்புழைக் குழாயை ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள திரவத்தில் அழுத்தி, அதன் மேல்நுனியிலிருந்து ஒரு ரப்பர்க் குழாய் மூலம் ஓர் அகன்ற குழாயுடன் *CDEF* இணைக்க வேண்டும். அகன்ற குழாய் வழியாகத் திரவம் வடிகுழாய்த் தத்துவத்தில் வெளிவரும். வெளிவரும் திரவத்தை ஒரு பாத்திரத்தில் சேகரித்து நிறுக்கவேண்டும். நில மட்டத்தின் அளவைப் பார்த்து அதன் உயரத்தை (*EF*) அளக்கலாம். நுண்புழைக் குழாய் இருக்கும் திரவத்தின் வெப்பநிலையையும் அளக்கலாம். திரவம் வெளியே வர, திரவத்தின் மட்டம் குறையும். *P* என்ற ஊசியின் முனை எப்பொழுதும் திரவத்தின் பரப்பில் இருக்குமாறு பாத்திரத்தை மேலே உயர்த்திக்கொள்ளலாம். திரவத்தின் பல்வேறு வெப்ப நிலைகளுக்கும் பாகுநிலை எண்களைக் கணக்கிடலாம். திரவத்தின் வெப்பநிலை அதிகரித்தால் பாகுநிலை குறையும்.

படம் 56

உராய்வும் வழுவழுப்பும்

இரண்டு பரப்புகளிடையே சார்பு இயக்கத்தைத் தொடங்கி, செயல்படுத்த விசை தேவைப்படுகிறது. நகர வைப்பதற்கு வேண்டிய விசை, தொடர்ந்து நகருவதற்குப் பயன்படும் விசையைவிட அதிகமாகவே காணப்படும். இந்த விசை இரண்டு பரப்புகளிடையே ஏற்படும் செங்குத்து விசையைப் பொறுத்தது. அதிகம் பாகுநிலை எண்ணுள்ள திரவங்களின் உதவியால் உராய்வு விசை மிகவும் குறைக்கப்படுகிறது. வழுவழுப்பான பரப்பில் செயல்படும் விசை வழுவழுப்பையும் செங்குத்தான விசையையும் பொருட்படுத்தாது. ஆனால், தொடர்ந்து நகரப் பயன்படுத்தப்படும் விசை சார்பு வேகத்தையும் வழுவழுப்பான பொருளையும் பொறுத்தது. *A* பரப்புள்ள ஒரு பரப்பு *d* தொலைவிலுள்ள மற்றொரு பரப்பின்மீது *V* என்ற வேகத்தில் நகர்ந்தால்

தேவைப்படும் விசை $\frac{A\eta \cdot V}{d}$ என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே, அதிகப் பாகுநிலை எண் உள்ள ஒரு திரவம் மிகுந்த வழுவழுப்பைத் தந்து உராய்வு விசையைக் குறைக்கும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு தொட்டியின் நீர்மட்டத்திலிருந்து 100 செ.மீ. ஆழத்திலுள்ள 0.4 மி.மீ. ஆரமும் 10 செ மீ. நீளமும் உள்ள ஒரு நுண்குழாய் வழியாக நீர் வெளியேறுகிறது. நீர் வெளியேறும் விகிதம் எவ்வளவு? நீரின் பாகு எண் = .01.

$$\text{நீர் வெளியேறும் வீதம்} = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{Pa^4}{l\eta}$$

$$= \frac{\pi}{8} \times \frac{100 \times 981 \times (0.02)^4}{10 \times .01}$$

$$= 0.06159 \text{ க.செ.மீ.}$$

2. 20 செ.மீ. பரப்புள்ள ஒரு தட்டையான தகடு ஒரு பெரிய தட்டின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டிற்குமிடையே 1 மி.மீ தடிமனுள்ள கிளிசரின் படலம் உள்ளது. கிளிசரின் பாகுநிலை எண் 20. தகட்டை வினடிக்கு 1 செ.மீ. திசைவேகத்துடன் இயங்கச் செய்ய எவ்வளவு விசை தேவைப்படும்?

$$\text{பாகியல் விசை } F = \frac{A\eta \cdot V}{d}$$

$$= \frac{20 \times 20 \times 1}{.1}$$

$$= 4000 \text{ டைன்கள்.}$$

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. பாய்சல் பரிசோதனையில் கீழ்க்கண்டவற்றை வைத்துக் கொண்டு நீரின் பாகுநிலை எண்ணைக் கண்டுபிடி.

ஒரு நிமிடத்திற்கு வடியும் நீர்	=	7.08 க.செ.மீ.
நீரின் மட்டம்	=	34.1 செ.மீ.
நுண்புழைக் குழாயின் நீளம்	=	56.45 செ.மீ.
குழாயின் ஆரம்	=	.0514 செ.மீ.

(.0138 டைன்/ச.செ.மீ./வேகச் சரிவு.)

2. 50 செ.மீ. நீளமுள்ள நுண்புழைக் குழாயின் வழியாக 5 நிமிடத்தில் 4.8 க.செ.மீ. நீர் வடிகிறது. குழாயின் விட்டம் .068 செ மீ., நீரின் மட்ட உயரம் 15 செ.மீ. பாகுநிலை எண்ணைக் கண்டுபிடி. (.01 டைன்/ச.செ.மீ./வேகச் சரிவு.)